

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra městského inženýrství

Disertační práce

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra městského inženýrství

Studijní obor Městské inženýrství a stavitelství

**RACIONALIZACE
TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY
V ÚZEMNÍM PLÁNOVÁNÍ**

**RATIONALIZATION OF TECHNICAL
INFRASTRUCTURE IN LANDSCAPE PLANNING**

Disertační práce

Zpracoval: Ing. Radek Horák

Školitel: Doc. Ing. Šárka Kročová, Ph.D.

Ostrava 2012

Radek Horák, 2012

Katedra Městského inženýrství a stavitelství

Fakulta stavební, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Česká republika

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího disertační práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

.....

podpis studenta

prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo,
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO), má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě disertační práci užít (§ 35 odst. 3),
- souhlasím s tím, že jeden výtisk disertační práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího disertační práce. Souhlasím s tím, že údaje o disertační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO,
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- bylo sjednáno, že užít své dílo – disertační práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Poděkování:

Touto cestou bych rád poděkoval paní Doc. Ing. Šárce Kročové, Ph.D. za náměty a rady při dokončovacích pracích na disertační práci.

Současně také děkuji panu Prof. Ing. Otakaru Hasíkovi, DrSc., přestože již není mezi námi, za náměty, rady a rozšíření obzoru při zpracování disertační práce.

OBSAH

	str.
1. Úvod	1
2. Cíle řešení	3
3. Historický vývoj, současný stav a vývojové trendy	5
3.1. Historický vývoj	5
3.2. Současný stav	7
3.3. Technická infrastruktura v územním plánování v zahraničí	8
3.4. Vývojové trendy	9
4. Použité metody zpracování	11
4.1. Stávající metody	11
4.2. Výchozí metody	11
4.2.1. Výchozí metody: Ekonomicko-matematické metody	12
4.2.2. Výchozí metody: Dopravní problém	14
4.2.3. Výchozí metody: Metoda nejlevnější kostry	27
4.2.4. Výchozí metody: Určení těžiště	28
4.2.5. Výchozí metody: Metoda půlení intervalu	29
4.3. Metoda disertační práce	33
4.4. Znázornění intervalů mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a odběrateli	48
4.4.1. Bez půlení intervalu	48
4.4.2. Půlení intervalu	50
4.4.3. Vyhodnocení řešení při půlení intervalu	57
4.4.4. Vyhodnocení výsledků	60
5. Originální přínos	63
5.1. Přínos – zhodnocení	63
5.2. Přínos – ověření	64
6. Využití výsledků v praxi	78

7. Závěr	81
7.1. Výstupy a rekapitulace	81
7.2. Použití výsledků disertační práce.....	82
7.3. Závěrečné konstatování	83
Použité podklady	85
Seznam zkratek	87
Seznam obrázků	89
Seznam tabulek	90
Seznam příloh	91

Anotace

Technická infrastruktura je velmi důležitou složkou v územním plánování a v návaznosti na dopravní infrastrukturu a funkční využití je komplikovanou záležitostí. Technická infrastruktura je investičně náročná jak z hlediska finančního, tak z hlediska nároků na území. Zejména z těchto důvodů je potřeba optimálně navrhnout technickou infrastrukturu a vymezit pro ni prostor, ve kterém bude realizována. Technická infrastruktura v územním plánování je dlouhodobou záležitostí v území, a proto její návrh je třeba důkladně posoudit.

Disertační práce se zabývá technickou infrastrukturou, jejím návrhem a využitím v územním plánování. Využití se nenalezne jen v územním plánu, ale popřípadě také v následujících podrobnějších dokumentacích, kterými jsou územní studie, regulační plán, dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení. Pro racionalizaci technické infrastruktury se vychází nejen z podkladů pro návrh technické infrastruktury, ale zejména z ekonomicko-matematických metod, které se svým typem řešení se mohou aplikovat na racionalizaci technické infrastruktury. Ekonomicko-matematické metody se zabývají analýzou a následným řešením věcně různorodých problémů. Uplatnit poznatky ekonomicko-matematické metody lze tam, kde se jako problém objevuje požadavek na racionální provedení operací (technických anebo technologických) často s přihlédnutím k ekonomickým hlediskům. Ekonomicko-matematické metody jsou tudíž typické pro řešení technické infrastruktury.

Výsledkem bude metoda, která svým řešením vede ke zvýšení hospodárnosti při návrhu, realizaci a také při provozu technické infrastruktury. Dosažením racionálnějšího návrhu technické infrastruktury dojde samozřejmě k úspoře finančních prostředků, které rozsahem stavby vzrůstají.

Pokud návrh technické infrastruktury bude racionálnější, zdůrazní se důležitost technické infrastruktury nejen v územním plánování, ale také při zpracování územní studie, regulačního plánu, dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení.

Annotation

A technical infrastructure is an essential component of landscape planning and in connection with traffic infrastructure and functional employment it is a very complicated issue. The technical infrastructure is exacting in terms of investments from the point of view of financing and also territorial claims. Particularly financing and territorial claims are the reason why a technical infrastructure is necessary to be suggested in the most suitable way and also it is needed to delimit the area for it. The technical infrastructure in landscape planning is a longterm matter in the area, so it is important to consider its proposal properly.

The thesis deals with a technical infrastructure, its proposal and use in landscape planning. There are more other uses of technical infrastructure, in following detailed documentation as a territorial study, a regulatory scheme, or processing of the application file for a decision on the location of buildings or facilities. The rationalization of the technical infrastructure is based not only on the data for a technical infrastructure, but particularly on economic-mathematical methods which can be according to their type of solution applied to rationalizing the technical infrastructure. The economic-mathematical methods deal with the analysis and subsequent solution of objectively various problems. The findings of these methods can be applied in case that the requirement of efficient execution of operations (technical or technological) occurs, often taking into account economic considerations. These methods are consequently typical of the solutions to technical infrastructure.

The result will be a method the solution of which leads to increased efficiency in the course of the proposal, its implementation and also in the operation of the technical infrastructure. The expense growing by extent of building will be definitely saved by achieving a more rational proposal of the technical infrastructure.

If the proposal of technical infrastructure is more rational, the importance of technical infrastructure will be emphasized, not only in landscape planning, but also in processing a territorial study, regulatory plan, and documentation of the application file for a decision on the location of buildings or facilities

1. Úvod

Disertační práce se zabývá racionalizací technické infrastruktury.

Racionalizací se rozumí návrh metody vedoucí ke zvýšení hospodárnosti. Technickou infrastrukturu lze charakterizovat jako vedení a stavby a s nimi provozně související zařízení technického vybavení, například vodovody, vodojemy, kanalizace, čistírny odpadních vod, stavby a zařízení pro nakládání s odpady, trafostanice, energetické vedení, komunikační vedení veřejné komunikační sítě a elektronické komunikační zařízení veřejné komunikační sítě, produktovody [19]. Lze jí tedy charakterizovat jako inženýrské sítě.

Technická infrastruktura je zahrnuta do veřejné infrastruktury. Do veřejné infrastruktury se rovněž zahrnuje:

- dopravní infrastruktura, například stavby pozemních komunikací, drah, vodních cest, letišť a s nimi souvisejících zařízení;
- občanské vybavení, kterými jsou stavby, zařízení a pozemky sloužící například pro vzdělávání a výchovu, sociální služby a péči o rodiny, zdravotní služby, kulturu, veřejnou správu, ochranu obyvatelstva;
- veřejné prostranství, zřizované nebo užívané ve veřejném zájmu [19]. Veřejným prostranstvím jsou chápána náměstí, ulice, tržiště, chodníky, veřejná zeleň, parky a další prostory přístupné každému bez omezení, tedy sloužící obecnému užívání, a to bez ohledu na vlastnictví k tomuto prostoru.

Technickou infrastrukturu lze také v územně plánovací dokumentaci vymezit jako veřejně prospěšnou stavbu, pokud je určena k rozvoji nebo ochraně území obce, kraje nebo státu, vymezena ve vydané územně plánovací dokumentaci [19]. Proto je velmi důležité vymezení rozsahu veřejně prospěšné stavby.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů (dále jen „stavební zákon“) umožňuje zapracování plochy a koridoru pro technickou infrastrukturu těmito způsoby:

- V zásadách územního rozvoje
 - Stanoví se pouze plocha a koridor, které jsou nadmístního významu a určí se požadavky na jejich využití. Pouze v této ploše a koridoru může být stavba nadmístního významu realizována. Ostatní stavby, tedy stavby technické infrastruktury, které jsou nadmístního významu a nejsou zpracovány v zásadách územního rozvoje, jsou v rozporu s touto územně plánovací dokumentací, a tudíž nemohou být realizovány a ani zpřesněny v územním plánu.
 - Slabou stránkou, v dosavadním územním plánování v České republice je, že při nesprávném vymezení technické infrastruktury nadmístního významu v zásadách územního rozvoje nebo jejím nezpracování, nelze stavbu provést beze změny zásad územního rozvoje, což je z hlediska jejich zpracování a projednání zdoluhavý proces, který je striktně stanoven ve stavebním zákoně. V zásadách územního rozvoje mohou být vymezeny plochy a koridory technické infrastruktury nesprávným způsobem. Zpravidla to bývá z důvodu nepořízení podrobnější dokumentace, ale pouze propojením dvou a více bodů v území. Tento rozpor s územně plánovací dokumentací je velkým rizikem při plánování těchto staveb. Protože se zásady územního rozvoje vydávají v měřítku 1 : 100 000, měla by předmětná plocha a koridor mít v mapě šíři alespoň 2 mm, aby byla zobrazitelná v tištěné podobě, což odpovídá skutečné vzdálenosti 200 m.
 - Novým návrhem se stanoví osa plochy a koridoru technické infrastruktury, a tím se upřesní vymezení těchto ploch a koridorů, které se mohou zpracovat do zásad územního rozvoje.
- V územním plánu
 - Mohou se striktně stanovit plochy a koridory technické infrastruktury, nebo se jejich vymezení může ponechat na řešení v následujících dokumentacích (územní studie, regulační plán, dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení). Její využití bude podobné jako při zpracování zásad územního rozvoje.
- V regulačním plánu a v dokumentaci k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení se již striktně stanoví trasy technické infrastruktury.

Pro zapracování plochy a koridoru pro technickou infrastrukturu do územního plánu je nejvhodnější zpracovat studii, která určí pro potřeby územního plánování přesnější osu koridoru.

U územního plánu je možno také využít pouze stanovením místa napojení na technickou infrastrukturu. Tento způsob je vhodný pro ucelené plochy, které budou mít jednoznačné využití (např. průmyslový areál, kde jsou vlastnické poměry jednoznačné). Vnitřní areálové rozvody pak nebudou předmětem územního plánu. Vnitřní areálové rozvody v závislosti na požadavcích na umístění jednotlivých staveb se stanoví v regulačním plánu nebo v dokumentaci k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení.

Vytipování vhodného území již při tvorbě územního plánu je prvním krokem k návrhu plochy, pro budoucí vývoj území, včetně navazujícího okolí. Na základě limitů lze lokalizovat plochu, která bude předmětem zapracování do územního plánu.

Je třeba nalézt kompromis mezi požadavky a reálnými možnostmi v území. Při budování inženýrských sítí je nutno brát v úvahu nejen aktuální stav potřeb v území, ale i předvídat potřeby, které se vyskytnou v budoucnu. Jakékoliv doplňování inženýrských sítí, zejména podzemní vedení, s sebou přináší velké problémy, jak finanční, tak i z hlediska dodržení minimálních vzdáleností mezi inženýrskými sítěmi.

Disertační práce se zabývá racionalizací technické infrastruktury. Využitím racionalizace technické infrastruktury se upřesní návrh tras oproti stávajícímu způsobu navrhování technické infrastruktury, kdy se bere v úvahu především spojení 2 a více bodů v území.

2. Cíle řešení

Disertační práce se zabývá racionalizací technické infrastruktury.

Cílem disertační práce je návrh metody vedoucí ke zvýšení hospodárnosti, která odpovídá novému vědeckému poznání. Zvýšení hospodárnosti se dosáhne rovněž optimalizací návrhu trasy technické infrastruktury. Návrhem metody vedoucí ke zvýšení hospodárnosti technické infrastruktury dojde k racionalizaci technické infrastruktury. Optimalizace technické infrastruktury bude řešeno pomocí ekonomicko-matematických metod. Metoda musí splňovat požadavek, aby zabezpečila požadovanou přepravu média (např. vody, plynu, ...)

v inženýrských sítí, přičemž musí zohlednit ekonomické hledisko na výstavbu inženýrských sítí.

Disertační práce řeší současné nedostatky, kterými jsou získání podkladu k návrhu tras technické infrastruktury pro zpracování do územně plánovacích dokumentací. V praxi občas dochází k tomu, že investor nechá zpracovat územní studii, popřípadě regulační plán, nebo dokumentaci k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení, a tyto dokumentace pak nejsou v souladu se zásadami územního rozvoje a územním plánem. Problémem je, že trasa technické infrastruktury je odlišná oproti vymezeným plochám a koridorům v územně plánovací dokumentaci, a tudíž tyto trasy technické infrastruktury jsou v rozporu s těmito územně plánovacími dokumentacemi. Disertační práce navrhne metodu, pro řešení inženýrských sítí. Tato řešení by mohly být podkladem pro stanovení ploch a koridorů technické infrastruktury v územně plánovacích dokumentacích. Čímž se předejde při navrhování tras technické infrastruktury v podrobnějších dokumentacích k odlišnostem oproti zpracovávaným plochám a koridorům technické infrastruktury v územně plánovacích dokumentacích.

Pro racionalizaci technické infrastruktury je nutno zmapovat území, znát v něm potřeby, a na základě kvalitních prognóz odhadnout jejich vývoj. Pro získání základních údajů o území, zejména limitů využití území, poslouží územně analytické podklady, které pořizují úřady územního plánování a jsou určeny pro územně plánovací činnost jak pořizovatele tak pro projektanta územně plánovacích dokumentací a územně plánovacích podkladů. Územně analytické podklady jsou z hlediska aktuálnosti garantovány, neboť jsou pořizovatelem průběžně aktualizovány na základě nových zjištěných údajů. Kvalitní prognózy lze získat např. z územně plánovacích podkladů, kterým v době platnosti zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů odpovídal energetický generel. Od 1.1.2007, kdy je v účinnosti zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, může plnit obdobnou funkci energetického generelu územní studie. Pro úplnost údajů jsou vhodné doplňující průzkumy přímo v terénu.

V území, kde je již částečně technická infrastruktura vybudována, je nutno zmapovat její stav, rozhodnout, zda bude zcela nebo částečně využita, popřípadě zda je nutné na ni provést úpravy. Pokud budou známy tyto základní údaje lze řešit návrh technické infrastruktury.

Racionalizací technické infrastruktury dojde nejen ke zdůraznění důležitosti řešení technické infrastruktury v územním plánování, ale také k zefektivnění a zkvalitnění následných činností. Optimálním návrhem technické infrastruktury se může kladně ovlivnit následující činnosti, a to už v přípravné fázi investičního procesu, kdy tato fáze bude hospodárnější pro samotný návrh řešení. Tím dojde ke zkvalitnění a samozřejmě k úspoře finančních prostředků v celém investičním procesu. Největší úsporu lze předpokládat ve fázi realizační. Při dosažení optimálního návrhu se může jednat o nezanedbatelné úspory, které rozsahem stavby vzrůstají.

Záměrem disertační práce je tedy navrhnout metodu, která vede k racionalizaci technické infrastruktury. Racionalizace je řešena matematicky. Matematické řešení musí objektivně splňovat ekonomické hledisko. Pro tento účel disertační práce vychází z ekonomicko-matematických metod a navrhuje metodu, kterou bude řešena technická infrastruktura.

Navržená metoda je ověřena na praktickém případě koridoru, který je obsažen v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezského kraje. Praktický případ je uveden v kapitole „5.2 Přínos – ověření“.

3. Historický vývoj, současný stav a vývojové trendy

3.1. Historický vývoj

První údaje o technické infrastruktuře jsou známy již ze starověku, kde se poprvé řešilo zásobování vodou a odkanalizování. Technická infrastruktura zásadním způsobem vstoupila do územního plánování resp. do urbanismu před cca 150 lety. Ve větším rozsahu se v druhé polovině 19. století začalo řešit zásobování elektrickou energií, v 19. století zásobování svítiplynem, ve 20. století zásobování zemním plynem, teplem, vodou, odkanalizování a rozvoj sítí elektronických komunikací.

Počátky výstavby jsou uváděny [5]:

U kanalizace – stoky podzemní

- Sumerská města Ur, Uruk ad. – 3000 let
- Mohendžo Daro, Harappa – 2500 let

- Novodobá – USA 1815 jednotná
- Londýn – Jos. Bazalgette, + č. st. 1859 až 1868

U vodovodů podzemních trubních a akvaduktů

- babylonské Ninive – 700 let
- Novodobě Londýn 1582
- Paříž 1606, Moskva 1633, Praha 1885

U plynovodního potrubí

- Zemní plyn v Delphi, v Persii; Londýn – litinové potrubí, více odběratelů 1813
- První plynové lampy na Westminsteru bridže F.Winzer, (Gasglühstrumpf) 1891

U centralizovaného zásobování teplem

- Lockport, USA 1877

U spojů telefonních, telegrafních, drátových, vedením

- Morse 1837, Bell 1876 + Edison 1878, USA

U elektrických sítí

- Brno – el. osvětlení divadla (nyní Mahelovo) – Edisonova firma z Paříže 1882

U kolektorů (mrakodrapy 1870, USA)

- Tunely pro zásobování uhlím a odvoz popela, nyní optické kabely Chicago, USA 1890

U radioreléových spojů

- Veřejný rozhlas 1920 USA, televize 1925 J. L. Baier V. Británie, veřejná televize 1945
- GSM síť mobilních bezdrátových telefonů, USA 1985

U internetu komerčního

- USA 1991

3.2. Současný stav

V současné době je základní řešení technické infrastruktury navrženo při tvorbě územního plánu, tj. je rozhodováno souběžně s urbanistickou koncepcí. V územním plánu se řešení základní koncepce rozvoje území obce, ochrany jeho hodnot, jeho plošného a prostorového uspořádání, uspořádání krajiny a koncepci veřejné infrastruktury. Koncepce technické infrastruktury se zpravidla navrhuje na základě informací o území. Jedná se zejména, zda jde o plochu zastavěnou, zastavitelnou, určenou k přestavbě, a také zda v ploše a jeho okolí se nachází inženýrské sítě požadovaných technických parametrů.

Stávající i nově navržená síť technické infrastruktury může mít libovolný tvar. Volba a hodnocení geometrického tvaru sítě, úkony spojené s její transformací a s metodami jejího výpočtu, stanovení vzájemných vazeb technických parametrů sítě (např. průtoků a tlaků) pro jednotlivé prvky systému a hodnocení stupně jejich spolehlivosti a spolehlivosti celé sítě, se obecně řeší pomocí analýzy vzájemných vazeb prvků systémů jako geometrických útvarů (grafů) [15].

Uložení technické infrastruktury lze řešit několika způsoby [15]:

- pod úroveň terénu
- na úroveň terénu
- nad úroveň terénu [15]

Z těchto druhů uložení se v zastavitelném území nejčastěji používá koordinované ukládání do země v souladu s ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.

V ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení je také řešeno umístění jednotlivých sítí technické infrastruktury ve vztahu k zástavbě. Síť technické infrastruktury se umísťují v tomto pořadí směrem od zástavby:

- silové kabely, plynovod, vodovod, teplovod, sdělovací kabely, veřejné osvětlení, kanalizační stoky.

Zpravidla se silové kabely, plynovod, vodovod, teplovod, sdělovací kabely, veřejné osvětlení ukládají do přidruženého dopravního prostoru a kanalizační stoky do hlavního dopravního prostoru.

Trasování technické infrastruktury je většinou navrhováno v ploše tak, že v první řadě se navrhne využití jednotlivých zón, k nim se navrhnou komunikace a technická infrastruktura je směrově koordinována s navrhovanými komunikacemi, tj. že technická infrastruktura je rovnoběžná s osou komunikace, přičemž se přednostně ukládá do nebezpečných částí (přidruženého dopravního prostoru). Stokové sítě a v odůvodněných případech i ostatní technická infrastruktura mimo vedení elektřiny lze uložit i pod těleso komunikace; toto neplatí při navrhování technické infrastruktury v nezastavěném územím (extravilánu), kde se technická infrastruktura neukládá do tělesa komunikace mimo místo s ní křížené.

Při zpracování územně plánovací dokumentace má stejnou váhu funkční využití ploch, návrh dopravní infrastruktury a návrh technické infrastruktury.

Doposud se při trasování technické infrastruktury nebere v potaz ekonomicko-matematické metody. Těmito metodami lze posoudit výhodnost navržených tras, a tudíž lze návrh technické infrastruktury racionalizovat. Racionalizací se zdůrazní, že technická infrastruktura je důležitou složkou území a nelze ji podceňovat.

Aby se předešlo kolizím, je účelné vyhradit zájmové území pro optimální uspořádání, při kterém nesmí být zapomenuto na zajištění trvalého přístupu a příjezdu ke stavbám technického vybavení (Např. k čistírnám odpadních vod, vodojemům, apod.) příjezdovou komunikací z veřejné komunikace pro jejich údržbu a opravu.

3.3. Technická infrastruktura v územním plánování v zahraničí

Německo

Německý právní řád připouští 2 stupně územně plánovací dokumentace. Územní plán (Flackennutzungsplan) a regulační plán (Bebauungsplan).

Územní plán, tak jak v České republice, řeší celé území obce a člení území na funkční využití. Je zpravidla zpracován v menším měřítku než v České republice (M 1 : 10 000, 1 : 20 000). Územní plán v České republice byl po účinnosti stavebního zákona [19] přiblížen k územnímu plánu v Německu, který řeší zejména hlavní technickou infrastrukturu (např. plochu pro čistírnu odpadních vod obce, hlavní přivaděče vodovodního řadu, ...). Před 1.1.2007 zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu

(stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů řešil v České republice technickou infrastrukturu i v zastavěném území podrobněji.

Také regulační plán po 1.1.2007 byl v České republice přiblížen k regulačnímu plánu v Německu. Regulační plán v Německu řeší podrobné podmínky pro využití pozemků. Stanovuje podmínky pro umístění a prostorové uspořádání staveb (výšku zástavby, objem, funkční využití) a nahrazuje územní rozhodnutí. Proto regulační plán také řeší technickou infrastrukturu a její umístění. U technické infrastruktury rozlišuje plochy pro technickou infrastrukturu a liniová vedení inženýrských sítí.

Švýcarsko

Švýcarský právní řád připouští 3 stupně územně plánovací dokumentace.

- strategický plán (Leitbild),
- regionální plán (Richtplanung),
- regulační plán (Nutzungsplanung),

které řeší rovněž technickou infrastrukturu.

Návrh technické infrastruktury v územně plánovacích dokumentacích jak v České republice, tak v zahraničí je důležitou složkou územního plánování. Z tohoto hlediska je racionalizace technické infrastruktury v územním plánování důležitá k nalezení optimálních tras technické infrastruktury

3.4. Vývojové trendy

V 90. letech dochází k rozvoji elektronických zařízení a tím i rozvoji jejich sítí. Tyto rozvody jsou dodatečně doplňovány do území. V zastavěném území se vedení elektronických komunikací umisťují pod zem, tímto dochází k zásahům do území, a samotným výkopem v zelených plochách a zásahem do komunikací jak do silnice, tak do chodníku. Kvalita materiálů používaných v minulosti je horší, než kvalita materiálů vyráběných v současné době, což přináší častější poruchy na stávajících inženýrských sítích, což při jejich opravě opětovně vede k zásahům do pozemků. Řešením těchto problémů by bylo při plánování zástavby využití kolektoru. V České republice se tento systém vedení inženýrských sítí již začal využívat.

Kolektor lze charakterizovat jako sdružená trasa inženýrských sítí.

Kolektory se můžou rozdělit zejména podle:

- Kategorie inženýrských sítí, které jsou v kolektoru umístěny
- Podle způsobu provádění
- Podle profilu
- a další

Kolektory by měly mít takové rozměry, aby všechny uvažované rozvody inženýrských sítí mohly být umístěny v kolektoru mimo kanalizace. Kanalizace se obvykle neumísťuje v kolektoru, ale zpravidla mimo něj. V kolektoru se může a nemusí umístit také plynovod. V kladném případě musí být kolektor vybaven čidly oznamující únik plynu. Umísťování sítí v kolektoru je řešeno v ČSN 73 7505 Sdružené trasy městských vedení technického vybavení.

Příslušenstvím kolektoru je zejména:

- vstupy a výstupy – minimálně 2, přičemž úniková cesta nemá přesahovat 50 m
- montážní otvory a šachty
- protipožární přepážky
- větrání
- odvodnění
- osvětlení
- signalizace
- měření

Zásadní výhodou kolektoru je, že do území se zasahuje pouze při jeho budování. V případě, že dojde k poruše na inženýrské síti, lze tuto opravu provést, aniž by byl proveden výkop a například narušení dopravy v území. Havárii na potrubí lze snáze předejít, neboť inženýrské sítě lze průběžně a kdykoliv fyzicky zkontrolovat. Navrhování a budování kolektorů v zastavěném území a v zastavitelných plochách je velkou výzvou pro urbanisty, neboť všechny inženýrské sítě jsou ve sdružené trase a nedochází ke zbytečným dodatečným zásahům do území. Vzhledem k jejich pořizovací ceně, budou kolektory budovány tam, kde výhody plynoucí ze sdružené trasy inženýrských sítí v kolektoru převýší náklady výstavby.

4. Použité metody zpracování

4.1. Stávající metody

Inženýrské sítě se řeší pomocí metody teorie grafů a lze je zobrazit jako graf, který se skládá z vrcholů a úseků. Za vrcholy se považuje místo rozvětvení inženýrské sítě. Úsekem je inženýrská síť propojující vrcholy. Teorie grafu je jedna z ekonomicko-matematických metod. Disertační práce rovněž vychází z ekonomicko-matematických metod. Z metody dopravního problému a z metody minimální kostry grafu. Tyto metody zohlední náklady na dopravu oproti stávajícímu návrhu technické infrastruktury, který je pomocí teorie grafu.

Jako doprovodný doklad byla také použita diplomová práce pod názvem „Stanovení společného těžiště dvou ložisek chebské hnědouhelné pánve metodou geometrizace“, která řešila optimalizaci výstavby nových hnědouhelných lomů v hnědouhelném ložisku Chebské pánve, pro nejpříhodnější tvary dobývacích prostorů a jejich soubory pro řešení situace a nadmořské výšky společných nebo navazujících zařízení (dopravy uhlí, tepelné elektrárny, plynárny, apod.) [7]. Jelikož zásoby hnědouhelných lomů jsou uvedeny v tunách, resp. v prostoru a náplní disertační práce jsou rozvody inženýrských sítí, tedy v rovině, nelze diplomovou práci přesně aplikovat na disertační práci. Z diplomové práce je převzata pouze myšlenka na stanovení optimalizace výstavby lomů ke společným nebo navazujícím zařízení, resp. optimální umístění zdroje.

4.2. Výchozí metody

Pro disertační práci se vychází z ekonomicko-matematických metod, resp. z dopravního problému, metody nejlevnější kostry. Dále se vychází z určení těžiště a z metody půlení intervalu.

Pro disertační práci je z výchozích metod využito:

- Z metody dopravního problému je pro disertační práci využit postup pro řešení úlohy, neboť při řešení technické infrastruktury se rovněž jedná o přepravu různého média.
- Z metody nejlevnější kostry je pro disertační práci použit princip přidávání hran tak, aby netvořily kružnici.

- Z určení těžiště je pro disertační práci využit postup pro stanovení těžiště T_i , které odpovídá místu odběru v jednotlivých zónách.
- Z metody půlení intervalu je v disertační práci použit princip půlení, tj. půlení hran, přidávání uzlů, přičemž půlení intervalu je prováděno, dokud z_{\min} z předešlého půlení intervalu nebude menší, než z_{\min} z aplikace metody půlení intervalu.

4.2.1. Výchozí metody: Ekonomicko-matematické metody

Ekonomicko-matematické metody se zabývají analýzou a následným řešením věcně různorodých problémů. Uplatnit poznatky ekonomicko-matematické metody lze tam, kde se jako problém objevuje požadavek na racionální provedení operací (technických a nebo technologických) často s přihlédnutím k ekonomickým hlediskům. Uvedené problémy mívají v typickém případě větší počet možných řešení, ale realizovat je nutno jen nejlepší z nich. Ekonomicko-matematické metody se nejčastěji člení na disciplíny matematické programování, síťová analýza, strukturní analýza, teorie zásob, teorie obnovy, teorie hromadné obsluhy, teorie her [4].

Pro řešení technické infrastruktury se v disertační práci použije metoda matematického programování. Matematické programování se v disertační práci upřednostní, neboť cílem této disciplíny je hledání optimálního řešení, které vyplývá z existence množiny omezujících podmínek. Při řešení technické infrastruktury jsou rovněž nadefinovány omezující podmínky. Za omezující podmínky lze v tomto případě považovat kapacitu z místa přepravy, potřeby v jednotlivých zónách, apod.

Z metody matematického programování bude v disertační práci dále použita metoda lineárního programování.

Lineární programování je výhodnou metodou v tom, že pro všechny tyto typy úloh existuje univerzální použitelná a relativně jednoduchá metoda. Pro řešitelnost těchto úloh je třeba znát proměnné, omezení, které je nutno respektovat a jaké je kritérium, podle něhož jsou řešení porovnávána.

Obecný tvar pak pro účelovou funkci zní [4]:

$$Z_{\text{miextr}} = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad [4]$$

Účelová funkce je sestavena tak, aby měla extrémní hodnoty buď nejvyšší nebo nejnižší.

Je-li výsledek účelové funkce nejvyšší hodnotou, jedná se o maximalizační úlohu, v případě, že výsledkem účelové funkce je nejnižší hodnota, jedná se o minimalizační úlohu. Pro řešení technické infrastruktury se použije minimalizační úloha lineárního programování, protože náklady na vybudování technické infrastruktury mají být co nejnižší [4].

Obecný tvar pro omezující podmínky pak zní [4]:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + c_{1n} x_n \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} b_1 \quad [4]$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + c_{2n} x_n \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} b_2 \quad [4]$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + c_{mn} x_n \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} b_m \quad [4]:$$

obecný tvar pro podmínky nezápornosti pak zní [4]:

$$x_1, x_2, \dots x_n \geq 0 \quad [4]$$

Obecný tvar lze pak zapsat [4]:

$$z_{\text{extr}} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad [4]$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{matrix} \leq \\ > \end{matrix} b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad [4]$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad [4]$$

kde

c_j – koeficient účelové funkce vztahující se k j -té proměnné

x_j – strukturní proměnná

a_{ij} – strukturní koeficient vyjadřující vztah mezi i -tou omezující podmínkou a j -tou proměnnou

b_i – pravá strana i -té vlastní omezující podmínky

Lineární programování je dále děleno na metody, kterými jsou kapacitní problém, problém optimálního rozmístění finančních prostředků, výživový problém, řezný, problém, krájecí problém a distribuční problém.

Z metod lineárního programování je pro racionalizaci technické infrastruktury vhodná metoda distribučního problému. Distribuční problém se řeší tam, kde je třeba zabezpečit přepravu určitého „materiálu“ z místa, kde je k dispozici, na místa, kde je o něj zájem. Omezením, které je třeba respektovat, lze rozdělit do dvou skupin. Jedna skupina se vztahuje ke kapacitním možnostem skladů a druhá skupina se vztahuje k uspokojení požadavků odběratelů [4].

Distribuční problém lze aplikovat na řešení technické infrastruktury, neboť se jedná o podobný problém, tedy přepravu „materiálu“ s omezením jako je kapacita skladů (v technické infrastruktuře se jedná o kapacitu v místě připojení) a požadavky odběratelů (v technické infrastruktuře se jedná o potřeby v jednotlivých zónách odběru).

Distribuční problém se dále dělí na specifické metody, kterými jsou např. obecný dopravní problém, přiřazovací problém, problém obchodního cestujícího a také dopravní problém.

Pro disertační práci bude dále použito z ekonomicko-matematických metod poznatky teorie grafů, které zahrnují zejména metody nejkratší cesty v grafu, maximálního toku v síti a nejlevnější kostry. Pro racionalizaci technické infrastruktury bude použit princip metody nejlevnější kostry. Principem této metody je získání souvislého grafu s minimálním počtem hran.

4.2.2. Výchozí metody: Dopravní problém

Pro disertační práci bylo uvažováno o výběru z řady matematických metod. Úvaha se zaměřila na matematické programování, z které byla vybrána metoda lineárního programování, z které dále byl použit distribuční problém, a z něj byla vybrána metoda dopravního problému. Přednost se dala dopravnímu problému, protože tato metoda umožňuje racionalizovat návrh technické infrastruktury pro územní plánování ve spojení s trasy a uzly.

Pro disertační práci bude vycházeno z poznatku dopravního problému, který představuje úkol přepravit co nejúsporněji druh zboží od dodavatelů přímo k odběratelům. Tento úkol lze převést na metodu pro racionalizaci technické infrastruktury, protože při řešení technické

infrastruktury se rovněž jedná o přepravu různého média. Typově shodné a pro přepravu vhodné je médium jako například voda, plyn, apod. Méně vhodné jsou sítě elektronických komunikací, kde se nejedná o přepravu suroviny, ale dat. Při návrhu tras musí být splněna podmínka vyplývající z dopravního problému – minimálně 2 dodavatelé dodávají zboží 2 odběratelům.

Disertační práce vychází z předpokladu, že je nutné posoudit, zda navržená inženýrská síť bude schopna pokrýt kapacity zdroje a uspokojit požadavky jednotlivých odběratelů, a přitom by se jednalo o nejméně nákladové řešení.

Pro řešení dopravního problému se předpokládá [4]:

- zboží dopravované mezi všemi dodavateli a odběrateli je stejného druhu
- doprava je prováděna jedním druhem dopravního prostředku
- kapacity dopravních cest nejsou omezené
- pro dopravu od dodavatele k odběrateli je uvažována pouze jedna cesta
- náročnost (náklady) dopravy vzrůstá úměrně přepravovanému množství zboží

Z dopravního problému vyplývá, že řešení musí splňovat podmínky, aby nebyly překročeny kapacity jednotlivých dodavatelů, a aby byly uspokojeny požadavky jednotlivých odběratelů. Toto řešení odpovídá i pro racionalizaci technické infrastruktury. Kapacita v místě napojení nebo ve výsledném těžišti musí pokrýt potřebu, tedy nesmí být překročena její kapacita, a přitom musí být pokryty potřeby odběratelů.

Cílem dopravního problému je stanovení, kolik zboží bude přepraveno od jednotlivých dodavatelů k jednotlivým odběratelům.

Pro řešení dopravního problému musí být známo [4]:

- Počet odběratelů
- Počet dodavatelů
- Požadavky odběratelů
- Kapacity dodavatelů
- Náklady na dopravu
- Množství přepravovaného zboží

Pro dopravní problém lze stanovit účelovou funkci, která je definována [4]:

$$z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_{i,j} \quad [4]$$

Pro tuto funkci jsou definovány omezující podmínky pro možnosti jednotlivých dodavatelů takto [4]:

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} \leq a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad [4]$$

Pro tuto funkci jsou definovány omezující podmínky pro požadavky jednotlivých dodavatelů takto [4]:

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j \quad j = 1, 2, \dots, n \quad [4]$$

Přičemž je stanoveno, že

$$x_{i,j} \geq 0 \quad [4]$$

pak

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + \dots + c_{1,n} x_{1,n} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + \dots + c_{2,n} x_{2,n} + c_{m,1} x_{m,1} + c_{m,2} x_{m,2} + \dots + c_{m,n} x_{m,n} \quad [4]$$

Účelová funkce z_{\min} zajišťuje minimalizaci dopravní náročnosti při řešení daného problému. Soustava m vlastních omezujících podmínek zabezpečuje, že od žádného z dodavatelů nebude odvezeno více, než je jejich kapacita. Soustava n vlastních omezujících podmínek zabezpečuje, že požadavky všech odběratelů budou zcela naplněny [4].

Dopravní problém je definován rovnicemi $m + n$. v této soustavě rovnic je známo $m * n$ proměnných a $m + n$ podmínek nezápornosti [4].

$$x_{1,1} + x_{1,2} + \dots + x_{1,n} \leq a_1 \quad [4]$$

$$x_{2,1} + x_{2,2} + \dots + x_{2,n} \leq a_2 \quad [4]$$

$$x_{m,1} + x_{m,2} + \dots + x_{m,n} \leq a_m \quad [4]$$

$$x_{1,1} + x_{2,1} + \dots + x_{m,1} \leq b_1 \quad [4]$$

$$x_{1,2} + x_{2,2} + \dots + x_{m,2} \leq b_2 \quad [4]$$

$$x_{1,n} + x_{2,n} + \dots + x_{m,n} \leq b_n \quad [4]$$

Tyto proměnné lze zapsat do tabulky [4]

odběratel dodavatel	O_1	O_2		O_n	a_i
D_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$	\dots	$c_{1,n}$ $x_{1,n}$	a_1
D_2	$c_{2,1}$ $x_{2,1}$	$c_{2,2}$ $x_{2,2}$	\dots	$c_{2,n}$ $x_{2,n}$	a_2
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
D_m	$c_{m,1}$ $x_{m,1}$	$c_{m,2}$ $x_{m,2}$	\dots	$c_{m,n}$ $x_{m,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	\dots	b_n	Σa_i Σb_j

Tabulka 1 - zápis proměnných do tabulky

Zdroj: [4]

Z této tabulky vyplývá $\Sigma a_i \geq \Sigma b_j$ [4]

Tuto funkci lze rozdělit na dopravní úlohu - vyváženou $\Sigma a_i = \Sigma b_j$ [4]
 - nevyváženou $\Sigma a_i > \Sigma b_j$ [4]

Vyváženou úlohou se rozumí, jsou-li kapacity dodavatelů rovny požadavkům odběratelů.

Nevyváženou úlohou se rozumí, jsou-li kapacity dodavatelů větší než požadavky odběratelů.

Aby úloha byla řešitelná musí být úlohou vyváženou [4].

Nevyváženou úlohu lze pomocí fiktivního odběratele upravit na vyváženou úlohu, přičemž fiktivní odběratel je pak definován [4]

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \quad [4]$$

Postup řešení dopravního problému lze rozdělit do těchto bodů [4]:

1. Ověření řešitelnosti úlohy.
2. Ověření vyváženosti úlohy.

3. Nalezení výchozího bazického řešení.
4. Ověření nedegenerovanosti bazického řešení. Nedegenerovaným bazickým řešením je takové řešení, které má všechny bazické proměnné kladné. V soustavě $m + n$ lineárních rovnic je pouze $m + n - 1$ lineárně nezávislých rovnic, obsahuje bazické řešení úlohy $m + n - 1$ bazických proměnných x_{ij} . V případě degenerace bazického řešení se degenerace odstraní.
5. Test optimality. V případě nesplnění testu optimality se provádí změna báze a opětovné posouzení dle bodu 4.

Prvním krokem dopravního problému je ověření řešitelnosti. Aby úloha byla řešitelná musí platit, že

$$\sum a_i \geq \sum b_j$$

Při racionalizaci technické infrastruktury se vychází, že kapacity v místech napojení jsou shodná, a jsou rovny potřebám všech zón. Tím bude splněna podmínka dopravního problému, aby nebyly překročeny kapacity jednotlivých dodavatelů, a aby byly uspokojeny požadavky jednotlivých odběratelů.

Při takto nadefinované úloze pak platí, že součet kapacit je větší, než součet potřeb v zónách

$$\sum a_i > \sum b_j$$

Aby úloha byla vyvážená musí být kapacity dodavatelů rovny požadavkům odběratelů. Úpravu vyváženosti úlohy se provede pomocí fiktivního odběratele, který je definován

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$

Při zahrnutí fiktivního odběratele do úlohy pak platí, že

$$\sum a_i = \sum b_j$$

Nalezení bazického řešení lze např. metodou severozápadního rohu nebo metodou indexní. Aby bylo bazické řešení přípustné musí řešení splňovat tyto požadavky [4]:

- Počet bazických proměnných nesmí být větší než $m + n - 1$
- Součet hodnot proměnných v každém z řádku tabulky je roven kapacitě příslušného dodavatele

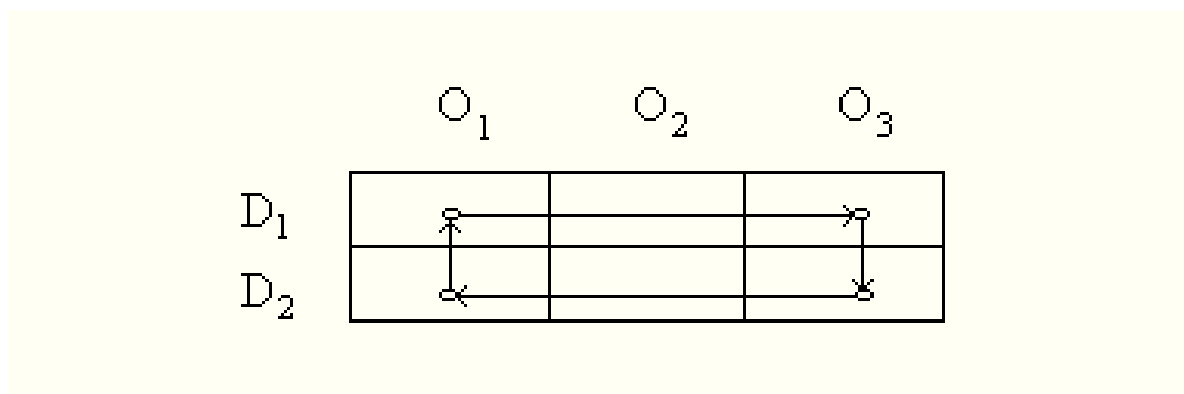
$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} = a_i \quad [4]$$

- Součet hodnot proměnných v každém ze sloupců tabulky je roven kapacitě příslušného odběratele

$$\sum_{i=1}^M x_{i,j} = b_j \quad [4]$$

- Bázické proměnné nesmí v tabulce vytvářet uzavřený obvod (cyklus).
Obsazená pole tabulky musí být rozmístěna takovým způsobem, aby nebylo možno je vodorovnými a svislými čarami pospojovat do uzavřeného geometrického obrazce, jehož všechny vrchoły tvoří obsazená pole tabulky.

Jednoduchým uzavřeným obvodem může být:



Obrázek 1 - příklad jednoduchého uzavřeného obvodu

Zdroj: [4]

Nalezení bázického řešení lze např. metodou severozápadního rohu, metodou indexní nebo metodou Vogelovou.

Principem metody severozápadního rohu, metody indexní a metody Vogelovy je obsazování polí tabulky vedoucí k nalezení bážického řešení [4].

odběratel dodavatel	O_1	O_2		O_n	a_i
D_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$	\dots	$c_{1,n}$ $x_{1,n}$	a_1
D_2	$c_{2,1}$ $x_{2,1}$	$c_{2,2}$ $x_{2,2}$	\dots	$c_{2,n}$ $x_{2,n}$	a_2
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
D_m	$c_{m,1}$ $x_{m,1}$	$c_{m,2}$ $x_{m,2}$	\dots	$c_{m,n}$ $x_{m,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	\dots	b_n	$\sum a_i$ $\sum b_j$

Tabulka 2 - zápis proměnných do tabulky k nalezení bážického řešení

Zdroj: [4]

Pole tabulky se obsazují vždy maximální možnou hodnotou.

Tato hodnota může [4]:

- Vyčerpat kapacitu a_i dodavatele D_i . V tomto případě se ostatní pole řádku D_i proškrtnou, neboť dodavatel nemůže více zboží nabídnout odběrateli.
- Uspokojit požadavek b_j odběratele O_j . V tomto případě se ostatní pole sloupce O_j proškrtnou, neboť od ostatních dodavatelů nemůže odběratel více zboží přijmout.
- Uspokojit požadavek odběratele O_j a současně vyčerpat kapacity dodavatelů D_i . V tomto případě se ostatní pole sloupce O_j a řádku D_i proškrtnou, neboť dodavatel nemůže více zboží nabídnout odběrateli a současně odběratel nemůže od ostatních dodavatelů více zboží přijmout.

U metody severozápadního rohu probíhá výběr obsazovaných polí mechanicky. Obsazováno je vždy to pole, které je v matici nejvíce vlevo nahoře a není dosud obsazeno ani proškrtnuto, jedná se vždy o pole D_1O_1 , maximální hodnota proměnné $x_{1,1}$ je rovna menší z hodnot a_1 , b_1 . Následně jsou obsazována políčka ležící níže anebo vpravo od políčka D_1O_1 . [4]

U metody indexní se výběr obsazovaného pole řídí hodnotou koeficientu účelové funkce. Pole s nejmenší kladnou hodnotou c_{ij} je obsazováno maximální možnou hodnotou x_{ij} . Je-li polí

s minimální hodnotu $c_{i,j}$ více je možno si z nich vybrat. Pole s nulovým koeficientem účelové funkce (pole k fiktivnímu odběrateli) se obsazují jako poslední. [4]

U metody Vogelovy se pro určení, které pole bude obsazeno použije rozdíl mezi dvěma nejmenšími kladnými koeficienty účelové funkce v každé řadě a sloupci tabulky. Při stanovení výchozího bazického řešení je následující postup [4]:

- V tabulce se vypočte pro každý řádek a sloupec rozdíl (diference) ze dvou nejmenších kladných hodnot $c_{i,j}$.
- V řádku a ve sloupci s maximálním rozdílem koeficientů účelové funkce se vyhledá pole s minimálním kladným $c_{i,j}$ a to se obsadí maximální možnou hodnotu $x_{i,j}$.
- Podle toho, zda obsazením pole D_iO_j byly vyčerpány kapacity a_i nebo uspokojeny požadavky b_j anebo zároveň k oběma, proškrtnou se zbývající políčka v i -tém řádku nebo j -tém sloupci anebo v i -tém řádku a j -tém sloupci.
- Pro upravenou tabulku se opět vypočte rozdíl mezi nejmenšími kladnými hodnotami $c_{i,j}$, berou se však v úvahu pouze neobsazená a neproškrtnutá políčka. Podle těchto diferencí se pak určí další bazické proměnné způsobem popsáním v druhé odrážce.
- Po konečném počtu kroků, v nichž se opakuje třetí a čtvrtá odrážka se dospěje k závěru postupu, kdy již nelze počítat rozdíly pro jednotlivé řádky a sloupce tabulky. Pro obsazení zbývajících políček se použije pravidlo z indexní metody, tj. Pole s nejmenší kladnou hodnotu $c_{i,j}$ je obsazováno maximální možnou hodnotu $x_{i,j}$. Je-li polí s minimální hodnotu $c_{i,j}$ více, je možno si z nich vybrat. Pole s nulovým koeficientem účelové funkce (pole k fiktivnímu odběrateli) se obsazují jako poslední.

V případě, že po výpočtu diferencí existuje v tabulce více řádků a sloupců s maximálním rozdílem koeficientů, pak přednostně se obsazují ty řádky a sloupce, v níž je políčko s minimálním $c_{i,j}$. Kdyby takových polí bylo více, obsadí se libovolné z nich. [4]

Metoda severozápadního rohu, metoda indexní a metoda Vogelova vedou vždy k nalezení nezbytného výchozího řešení, která mohou být různě kvalitní z hlediska hodnoty účelové funkce. Výchozí bazické řešení je tím kvalitnější, čím nižší má kriteriální hodnotu. [4]

Metoda Vogelova je ze zmíněných metod nejsložitější, ale její výchozí řešení bude nejkvalitnější.

Výchozí báze řešení mohou být nede degenerovaná nebo degenerovaná.

Nede degenerovaným báze řešením je takové řešení, které má všechny báze proměnné kladné. V soustavě $m + n$ lineárních rovnic je pouze $m + n - 1$ lineárně nezávislých rovnic, které obsahují báze řešení úlohy $m + n - 1$ báze proměnných x_{ij} . V případě degenerace báze řešení se degenerace odstraní. Odstranění degenerace se provede tak, že se zvýší počet obsazených políček ve výchozím báze řešení tak, aby byl roven hodnotě $m + n - 1$. Vybere se neobsazené pole a do něj se vloží velmi malou kladnou hodnotu blízkou nule, která se označuje ε . Umístí-li se ε na pole D_iO_j musí být velikost ε_{ij} ve srovnání s kapacitou a_i a požadavkem b_j tak malá, že tyto hodnoty prakticky neovlivní. Za pole, které je vhodné pro obsazení hodnotou ε lze považovat takové neobsazené pole, které nevytvoří s ostatními obsazenými políčky uzavřený obvod. [4]

Po stanovení výchozího báze řešení nede degenerovaného řešení je nutno ověřit, zda se nejedná o řešení optimální, a to testem optimality. K testování optimality báze řešení nede degenerovaného řešení je možné využít Dantzigovu nebo Modifikovanou metodu. [4]

K testování Dantzigovou metodou se užívají indexní hodnoty (indexní čísla) Δ_{ij} . Indexní čísla se počítají pro všechny nezáze proměnné. Vypočtené hodnoty Δ_{ij} informují, kolik by se změnila účelová funkce v případě, že by se do řešení zařadila jedna jednotka nezáze proměnné x_{ij} . [4]

Δ_{ij} může být [4]:

- $\Delta_{ij} > 0$ – obsazením pole D_iO_j jednotkou x_{ij} by hodnota účelové funkce vzrostla o Δ_{ij} . Toto řešení by vedlo ke zhoršení řešení dopravního problému.
- $\Delta_{ij} = 0$ – obsazením pole D_iO_j jednotkou x_{ij} by se hodnota účelové funkce nezměnila.
- $\Delta_{ij} < 0$ – obsazením pole D_iO_j jednotkou x_{ij} by se účelová funkce snížila o Δ_{ij} . Toto řešení by vedlo ke zlepšení řešení dopravního problému.

Pro výpočet indexních čísel se užívá tzv. Dantzigův uzavřený obvod (Dantzigův cyklus). K vytvoření obvodu pro výpočet Δ_{ij} se využívají neobsazená pole D_iO_j a další vrcholy obvodu pak tvoří obsazená pole. [4]

Jsou-li všechny hodnoty $\Delta_{i,j} > 0$ je testované řešení optimální a jediné.

Jsou-li všechny hodnoty $\Delta_{i,j} \geq 0$ je testované řešení úlohy jedno z několika optimálních řešení.

Je-li alespoň jedna hodnota $\Delta_{i,j} < 0$ není testované řešení úlohy optimální a je možno jej zlepšit.

K testování Modifikovanou metodou se použije duální úloha.

Duální proměnné vztahující se k omezujícím podmínkám

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} \leq a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad [4]$$

jsou označeny u_1, u_2, \dots, u_m .

Duální proměnné vztahující se k omezujícím podmínkám [4]

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [4]$$

jsou označeny v_1, v_2, \dots, v_n .

Pak úloha:

$$z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_{i,j} \quad [4]$$

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} = a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad [4]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [4]$$

$$x_{i,j} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m), (j = 1, 2, \dots, n) \quad [4]$$

má tuto duální úlohu [4]:

$$Z_{\max} = a_1 u_1 + a_2 u_2 + \dots + a_m u_m + b_1 v_1 + b_2 v_2 + \dots + b_n v_n$$

$$u_1 + v_1 \leq c_{1,1} \quad [4]$$

$$u_1 + v_2 \leq c_{1,2} \quad [4]$$

:

$$u_1 + v_n \leq c_{1,n} \quad [4]$$

$$u_2 + u_1 \leq c_{2,1} \quad [4]$$


$$u_2 + v_2 \leq c_{2,2} \quad [4]$$

:

$$u_2 + v_n \leq c_{2,n} \quad [4]$$

$$u_m + v_n \leq c_{m,n} \quad [4]$$

Pro duální proměnné neplatí podmínky nezápornosti, protože jsou sdružené dopravní úlohy nesymetrické a mohou proměnné u_i a v_j být v libovolných hodnotách.

Hodnoty  odpovídají optimálnímu řešení primární úlohy. Pro duální proměnné u_i a v_j platí podmínky

$$u_i + v_j \leq c_{ij} \quad [4]$$

Pro obsazená pole primární úlohy dále platí, že

$$u_i + v_j = c_{ij} \quad [4]$$

Protože v nedegerovaném bázičím řešení primární úlohy

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{i,j} x_{i,j} \quad [4]$$

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} = a_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad [4]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{i,j} = b_j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [4]$$

$$x_{i,j} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m), (j = 1, 2, \dots, n) \quad [4]$$

existuje $m + n - 1$ obsazených polí, lze naformulovat stejný počet rovnic. V této soustavě se vyskytuje $m + n$ duálních proměnných u_i, v_j . Řešení se pak získá, že velikost jedné z duálních proměnných se libovolně zvolí a zbývajících $m + n - 1$ proměnných se dopočítá pomocí soustavy $u_i + v_j = c_{ij}$. Když vypočtené duální proměnné u_i a v_j se dosadí do omezujících podmínek úlohy [4]

$$Z_{\max} = a_1 u_1 + a_2 u_2 + \dots + a_m u_m + b_1 v_1 + b_2 v_2 + \dots + b_n v_n \quad [4]$$

$$u_1 + v_1 \leq c_{1,1} \quad [4]$$

$$u_1 + v_2 \leq c_{1,2} \quad [4]$$

:

$$u_1 + v_n \leq c_{1,n} \quad [4]$$

$$u_2 + u_1 \leq c_{2,1} \quad [4]$$

$$u_2 + v_2 \leq c_{2,2} \quad [4]$$

:

$$u_2 + v_n \leq c_{2,n} \quad [4]$$

$$u_m + v_n \leq c_{m,n} \quad [4]$$

a všechny uvedené vztahy platí, je textované řešení optimální [4].

Testování pomocí modifikované metody pak lze rozdělit do těchto fází [4]:

- Vypočtení duální proměnné u_i a v_j .
- Vypočtení pro neobsazená pole součet $u_i + v_j$, který se označuje $t_{i,j}$ a s jeho pomocí se provede test optimality.

Test optimality může mít závěry [4]:

- Jestliže pro všechna neobsazená pole platí vztah $u_i + v_j \leq c_{i,j}$, pak testované bázecké řešení primární úlohy je optimální a jediné.
- Platí-li vztah $t_{i,j} < c_{i,j}$ pro většinu neobsazených polí, ale pro některé z nich se splňuje rovnice $t_{i,j} = c_{i,j}$, pak testované bázecké řešení primární úlohy je optimální, ale nikoliv jediné. Existuje další optimální řešení se stejnou hodnotu účelové funkce.
- Jestliže alespoň pro jedno neobsazené pole platí vztah $t_{i,j} > c_{i,j}$ test optimality není splněn.

Jestliže bázecké řešení není optimální, pak se zvolí jiné lepší bázecké řešení. Takové řešení se získá obměnou báze, při které se [4]:

- Vybere jedna z dosud nebázeckých proměnných k zařazení do báze.
- Určí se, která z dosud bázeckých proměnných bude vyřazena z báze.
- Stanoví se hodnota nové bázecké proměnné.
- Provede se přepočítání úlohy na novou bázi.

Nejdříve se určí pole, které bude obsazeno v nové bázi. U modifikované metody, u tohoto neobsazené pole platí, že $t_{i,j} > c_{i,j}$. V případě, že se test optimality nespĺňuje pro více polí současně, bude přednostně obsazeno pole, ve kterém je test porušen nejvýrazněji. U Dantzigovy metody se jedná o pole s hodnotou $\Delta_{i,j} < 0$. U modifikované metody se jedná o pole maximální hodnotou $t_{i,j} - c_{i,j}$. [4]

K určení pole, které bude při změně báze uvolněno, se použije Dantzigův obvod, který se vytvoří stejným způsobem jako při testování optimality v Dantzigově metodě.

Uzavřený obvod se sestaví k obsazenému poli a ostatní vrcholy obvodu jsou obsazená pole. Polím v jednotlivých vrcholech obvodu se přiřadí znaménka + a −, a to tím způsobem, že neobsazenému poli se přidělí vždy +. Z báze bude vyřazeno to pole obvodu, které splňuje tyto podmínky [4]:

- Je označeno znaménkem −.

- a současně má minimální hodnotu $x_{ij} > 0$. V případě, že podmínka v Dantzigově obvodu je splněna pro více polí současně, pak při přechodu ke zlepšené bázi se získá degenerované řešení.

Nové báze řešení se získá tak, že minimální hodnotu x_{ij} z uvolňovaného pole popřípadě z uvolňovaných polí se přesune v obvodu tak, že v jednotlivých vrcholech ji k dosavadním hodnotám bázeických proměnných se připočte nebo odečte v souladu s jejich označením znaménky + a -.

Tímto způsobem se získá nové báze řešení, ve kterém nově zařazená bázeická proměnná má hodnotu odpovídající x_{ij} . V případě, že změna báze se uskuteční tak, že jedno pole je nově obsazeno a právě jedno je také uvolněno, pak zlepšené bázeické řešení je nede degenerované. Jestliže při přechodu k jiné bázi dojde k obsazení jednoho pole při současném uvolnění dvou a více polí, je zlepšené řešení degenerované. [4]

Z metody dopravního problému je pro disertační práci využit postup pro řešení úlohy, neboť při řešení technické infrastruktury se rovněž jedná o přepravu různého média.

4.2.3. Výchozí metody: Metoda nejlevnější kostry

Cílem metody nejlevnější kostry uváděné také pod názvem minimální kostra grafu je získání grafu s minimálním součtem hodnot hran. Za graf se považuje neprázdná množina uzlů a neprázdná množina hran. Tuto metodu lze použít při hledání optimálního způsobu připojení zájemců do určité soustavy (např. vodovodní, energetické, informační) a to takovým způsobem, aby spotřeba „spojovacího“ materiálu byla minimální. Hodnoty hran mohou představovat nejen vzdálenosti mezi jednotlivými zájemci (uzly), ale může jít i o náklady na vybudování potřebného připojení [4].

Pro řešení této úlohy postupuje následovně [4]:

1. Je dán graf a uzly a výchozí uzel. Výchozí uzel je součástí soustavy.
2. Z počátečního uzlu se vyhledá nejkratší hrana, která se společně s uzlem na jejím konci připojí do soustavy.
3. Vyhledá se nejkratší hrana spojující uzly soustavy s ostatními uzly.

4. Postup dle bodu 3 se opakuje až do připojení posledního uzlu grafu.

Z této metody je v disertační práci použit princip přidávání hran tak, aby netvořily kružnici.

4.2.4. Výchozí metody: Určení těžiště

Těžiště lze určit pomocí integrálu, který zní [3]:

$$dM_y = x dP \quad [3]$$

z čehož vyplývá

$$M_y = \int_a^b x |y| dx \quad [3]$$

a

$$dM_x = \frac{1}{2} y dP \quad [3]$$

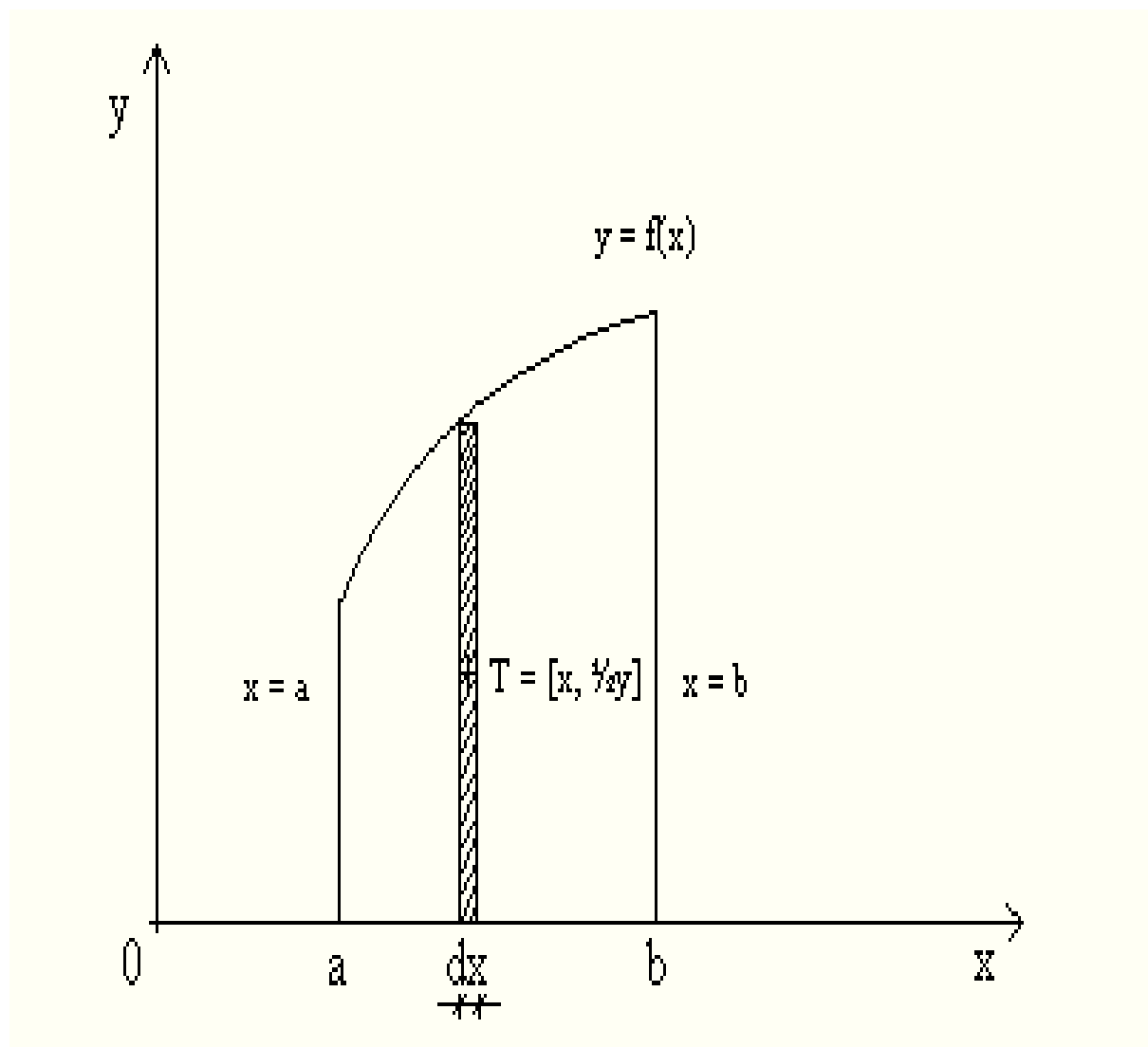
z čehož vyplývá

$$M_x = \frac{1}{2} \int_a^b \frac{y |y|}{dx} dx \quad [3]$$

kde

M_x – statický moment k ose x

M_y – statický moment k ose y



Obrázek 2 - statický moment, těžiště

Zdroj: [3]

Rovinný obrazec je ohraničen křivkou $y = f(x)$ a přímkami $y = 0$, $x = a$, $x = b$. Obsah vyšrafované části je dP a vzdálenosti těžiště od osy y je x a od osy x je $y/2$ [3].

Pak pro souřadnice těžiště obrazce platí

$$x_T = \frac{M_y}{P} \quad [3]$$

$$y_T = \frac{M_x}{P} \quad [3]$$

kde P je obsah obrazce [3].

Z těchto vzorců vyplyne obecný vzorec [3]

$$m \cdot v = \sum m_i \cdot v_i \quad [3]$$

$$\text{ve směru x} \\ x_T = \frac{\sum m_i \cdot v_i}{m} \quad [3]$$

$$\text{ve směru y} \\ y_T = \frac{\sum m_i \cdot v_i}{m} \quad [3]$$

kde

m_i – hmotnost jednotlivých ploch

v_i – vzdálenost jednotlivých těžišť

m – hmotnost

v - vzdálenost

x_T - vzdálenost těžiště ve směru x

y_T - vzdálenost těžiště ve směru y

Z určení těžiště je pro disertační práci využit postup pro stanovení těžiště T_i , které odpovídá místu odběru v jednotlivých zónách.

4.2.5. Výchozí metody: Metoda půlení intervalu

Metoda půlení intervalu je jednou z numerických metod řešení. Jedná se o řešení nejjednoduššími numerickými metodami řešení rovnice $f(x) = 0$.

Pro samotné řešení se uvažuje, že rovnice $f(x) = 0$ je spojitá funkce v intervalu $\langle a, b \rangle$, přičemž $f(a) \cdot f(b) < 0$, a v intervalu $\langle a, b \rangle$ leží právě jeden kořen rovnice $f(x) = 0$ [2].

Řešení je pak následující:

$$a_0 = a, \quad [2]$$

$$b_0 = b \quad [2]$$

$$x_1 = (a_0 + b_0)/2. \quad [2]$$

Je-li $f(x_1) = 0$, pak x_1 je kořenem rovnice $f(x) = 0$.

Je-li $f(x_1) \neq 0$, pak interval $\langle a_1, b_1 \rangle$ je definován $\text{sign } f(a_0) = \text{sign } f(x_1)$ a pak

$$a_1 = x_1, \quad [2]$$

$$b_1 = b_0, \quad [2]$$

jinak se stanoví, že

$$a_1 = a_0 \quad [2]$$

$$b_1 = x_1 \quad [2]$$

a pokračuje se v půlení intervalu $\langle a_1, b_1 \rangle$.

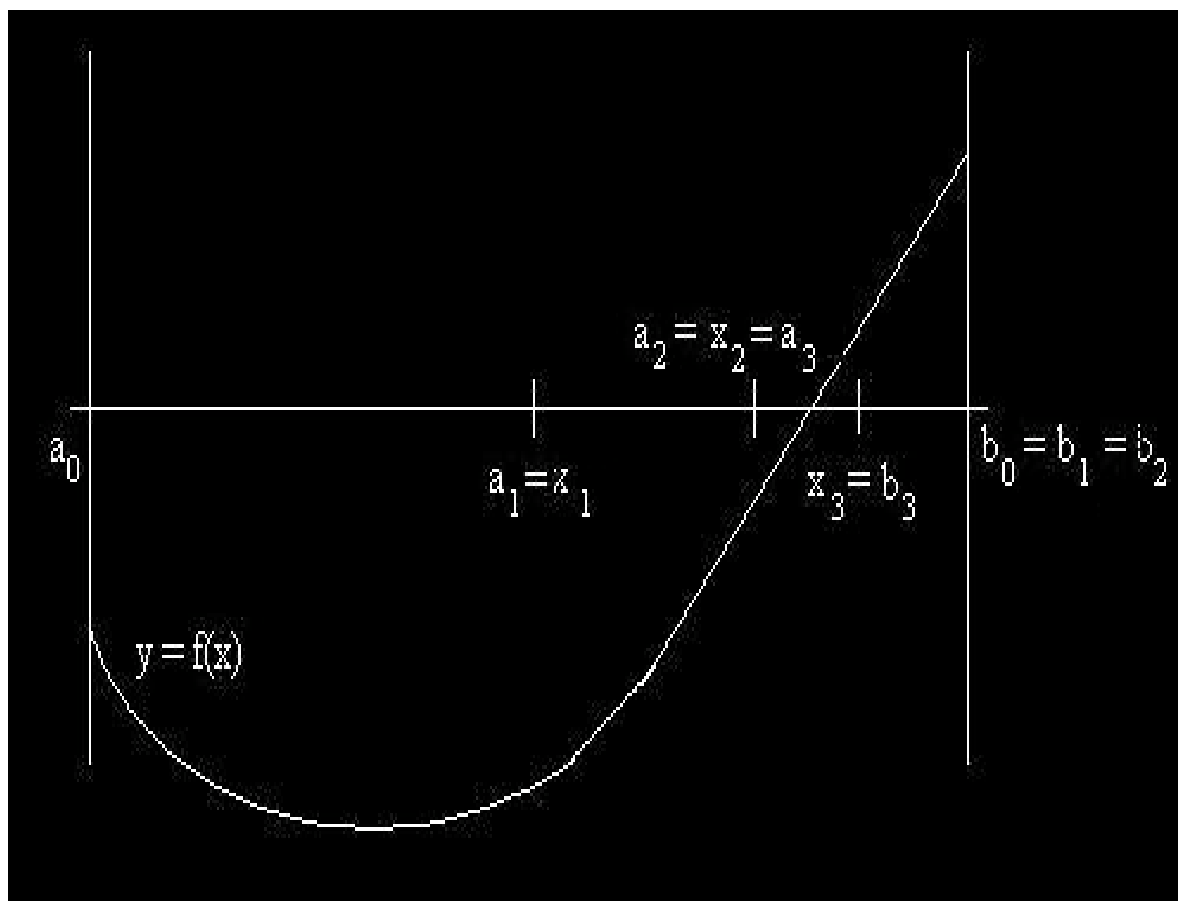
Postupným půlením se získávají intervaly $\langle a_k, b_k \rangle$ se středy

$$x_{k+1} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad [2]$$

a, b – krajní body intervalu $\langle a, b \rangle$, v němž leží kořen a všech intervalů $\langle a_k, b_k \rangle$, které byly získány během výpočtu

x – střed intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$

Postup řešení lze takto znázornit



Obrázek 3 - postup řešení metody půlení intervalu

Zdroj: [2]

U metody půlení intervalu se kořen rovnice stanovuje s přesností ε . Půlení se uplatňuje, dokud délka intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$ bude větší než 2ε , což znamená, že hodnota

$$\tilde{x} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad [2]$$

ε – přesnost aproximace kořene

Z této metody je v disertační práci použit princip půlení, tj. půlení hran, přidávání uzlů, přičemž půlení intervalu je prováděno, dokud z_{\min} z předešlého půlení intervalu nebude menší, než z_{\min} z aplikace metody půlení intervalu.

4.3. Metoda disertační práce

Pro řešení dopravního problému se předpokládá [4]:

- zboží dopravované mezi všemi dodavateli a odběrateli je stejného druhu
- doprava je prováděna jedním druhem dopravního prostředku
- kapacity dopravních cest nejsou omezené
- pro dopravu od dodavatele k odběrateli je uvažována pouze jedna cesta
- náročnost (náklady) dopravy vzrůstá úměrně přepravovanému množství zboží

Tyto předpoklady lze aplikovat i na řešení technické infrastruktury. Typově shodné a pro přepravu vhodné je médium jako například voda, plyn, apod. Méně vhodné jsou sítě elektronických komunikací, kde se nejedná o přepravu suroviny, ale dat.

Pojem uváděný v dopravním problému

- „zboží dopravované mezi všemi dodavateli a odběrateli je stejného druhu“ odpovídá řešení jednoho druhu technické infrastruktury (např. plyn)
- „doprava je prováděna jedním druhem dopravního prostředku“ odpovídá řešení jednoho druhu vedení technické infrastruktury (např. plynovod)
- „kapacity dopravních cest nejsou omezené“ odpovídá, že technická infrastruktura má dostatečné zdroje a dimenze pro přenos média (např. plynovod je nadimenzován v dostatečné dimenzi pro přenos požadované kapacity plynu)
- „pro dopravu od dodavatele k odběrateli je uvažována pouze jedna cesta“ odpovídá, že mezi uzly vedení technické infrastruktury je uvažována pouze jedna trasa technické infrastruktury
- „náročnost (náklady) dopravy vzrůstá úměrně přepravovanému množství zboží“ odpovídá také v technické infrastruktuře, neboť v závislosti na přepravovaném množství se odvíjí požadavek na dimenzi pro přenos média

Z dopravního problému vyplývá, že řešení musí splňovat podmínky, aby nebyly překročeny kapacity jednotlivých dodavatelů, a aby byly uspokojeny požadavky jednotlivých odběratelů. Toto řešení odpovídá i pro racionalizaci technické infrastruktury. Kapacita v místech napojení musí pokrýt potřebu, tedy nesmí být překročena její kapacita, a přitom musí být pokryty potřeby odběratelů.

Cílem dopravního problému, a tedy i řešení technické infrastruktury, je stanovení, kolik zboží bude přepraveno od jednotlivých dodavatelů k jednotlivým odběratelům.

Aby dopravní problém mohl být aplikován pro řešení technické infrastruktury, musí se základní proměnné uváděné v dopravním problému převést pro řešení technické infrastruktury:

- Počet odběratelů uváděný v dopravním problému (O_1, O_2, \dots, O_n) = pro řešení technické infrastruktury počtu zón, ve kterých je nenulová potřeba;
- Počet dodavatelů uváděný v dopravním problému (D_1, D_2, \dots, D_m) = pro řešení technické infrastruktury místům napojení na technickou infrastrukturu;
- Požadavky odběratelů uváděné v dopravním problému (b_1, b_2, \dots, b_n) = pro řešení technické infrastruktury potřeby v zónách;
- Kapacity dodavatelů uváděné v dopravním problému (a_1, a_2, \dots, a_m) = pro řešení technické infrastruktury kapacitě v místech napojení;
- Náklady na dopravu uváděné v dopravním problému (c_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, m$ a kde $j = 1, 2, \dots, n$) = pro řešení technické infrastruktury nákladům na vybudování rozvodů (cena/bm x m). Pro řešení se bude jednat o náklady na vybudování rozvodů o dimenzích, které přenesou požadované množství média k odběrateli.
- množství přepravovaného zboží uváděné v dopravním problému (x_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, m$ a kde $j = 1, 2, \dots, n$) = pro řešení technické infrastruktury množství přepravovaného média

Když jsou všechny pojmy uváděné v dopravním problému převedeny pro řešení technické infrastruktury, lze řešit návrh technické infrastruktury pomocí dopravního problému. Řešení lze rozdělit do těchto 5 základních fází:

1. fáze: Pro řešení je stanoveno:

- 1) plocha pro rozvod technické infrastruktury je vymezena
- 2) plocha pro rozvod technické infrastruktury je rozčleněna na jednotlivé zóny
- 3) v jednotlivých zónách jsou známy potřeby (potřeba plynu,...)
- 4) jsou známa místa napojení na technickou infrastrukturu

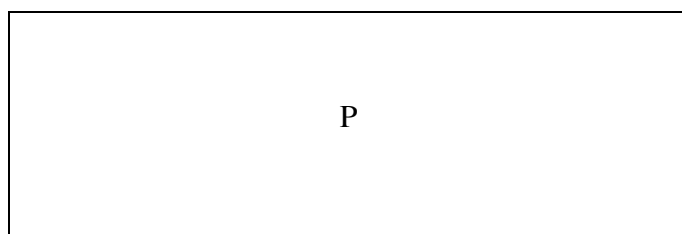
2. fáze: V jednotlivých zónách se stanoví těžiště, která odpovídají místům odběratelů

3. fáze: Pomocí dopravního problému stanovit trasy inženýrské sítě. Ctít metodu nejlevnější kostry, ze které vyplývá, že budou přidávány hrany tak, aby netvořily kružnici.

4. fáze: Přidání dalších uzlů na hranách pomocí metody půlení intervalu a pomocí dopravního problému stanovit, zda z nově stanovených uzlů budou napojeny zóny, přičemž bude ctěna metoda nejlevnější kostry.

Add. 1.1. plocha pro rozvod technické infrastruktury je vymezena

V této etapě je vymezena plocha a je zmapováno území. Pro jednodušší znázornění se může jednat například o plochu obdélníkového tvaru v poměru 1:3 (plocha se označí P)



Obrázek 4 - znázornění plochy pro rozvod technické infrastruktury

Zdroj: vlastní

Add. 1.2. plocha pro rozvod technické infrastruktury je rozčleněna na jednotlivé zóny

V této etapě je vymezená plocha rozčleněna na jednotlivé zóny. Pro znázornění se může plocha rozdělit na 7 zón

(plocha P rozdělena na zóny Z1 až Z7)

Z1	Z2	Z4
	Z3	
Z5	Z6	Z7

Obrázek 5 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny

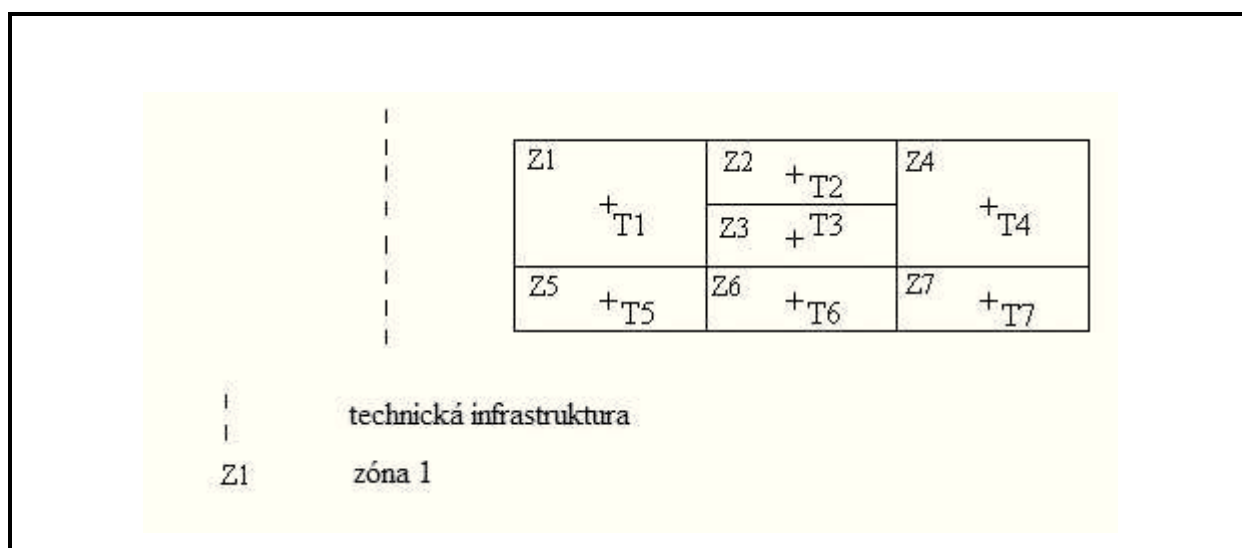
Zdroj: vlastní

Add. 1.3. v jednotlivých zónách jsou známy potřeby (potřeba plynu,...)

V této etapě jsou pro jednotlivé zóny známy potřeby. Potřeby jsou navýšeny o odhadovaný vývoj těchto potřeb na základě kvalitních prognóz.

Add. 1.4. jsou známa místa napojení na technickou infrastrukturu

V této etapě jsou známy potřeby v jednotlivých plochách. Pokud je technická infrastruktura částečně vybudována, zmapuje se její stav a rozhodne se, zda technická infrastruktura bude zcela nebo částečně využita, popřípadě zda jsou nutné její úpravy. Obecně bude platit, že v ploše není vybudována žádná technická infrastruktura, ale nachází se v její blízkosti. V tomto případě se zmapuje stav technické infrastruktury a vlastník nebo provozovatel technické infrastruktury stanoví místa, ve kterých se lze připojit.



Obrázek 6 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny a stávající technické infrastruktury

Zdroj: vlastní

Add. 2. v jednotlivých zónách se stanoví těžiště

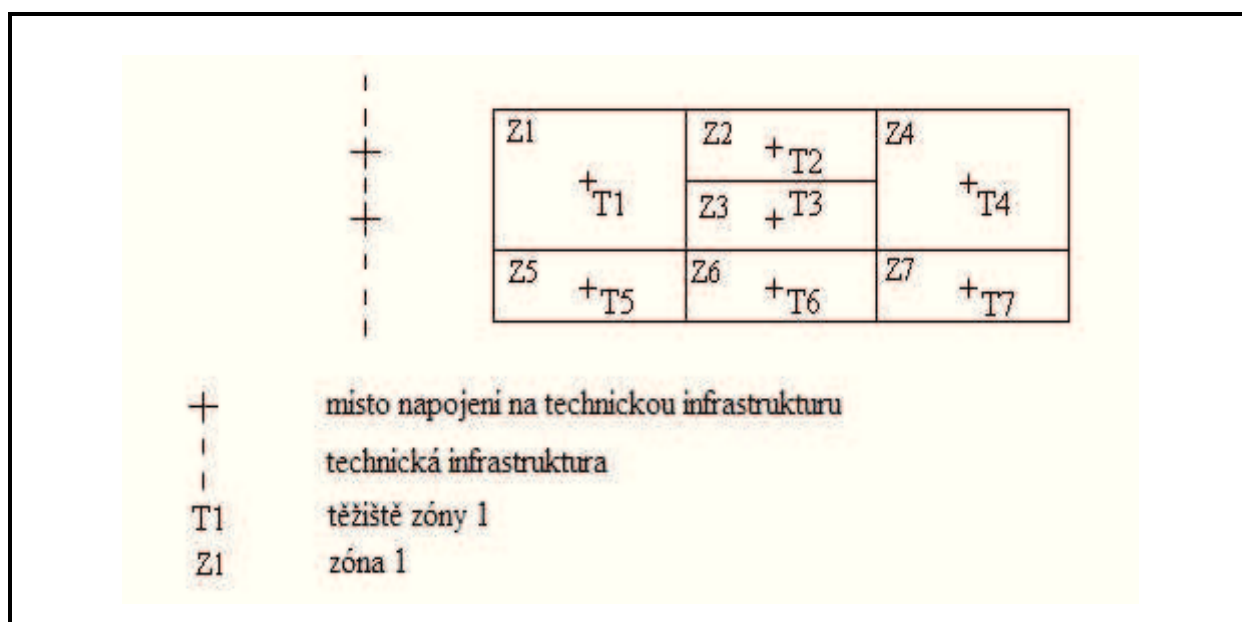
Po získání základních údajů (známe plochu, která se člení na zóny, v těchto zónách jsou známy potřeby a známe místo připojení technické infrastruktury) se v jednotlivých zónách určí jejich těžiště.

Pro stanovení těžiště se použijí vzorce [3]:

$$x_T = \frac{M_y}{P} \quad [3]$$

$$y_T = \frac{M_x}{P} \quad [3]$$

kde P je obsah obrazce.



Obrázek 7 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny, stávající technické infrastruktury a těžišť v jednotlivých zónách

Zdroj: vlastní

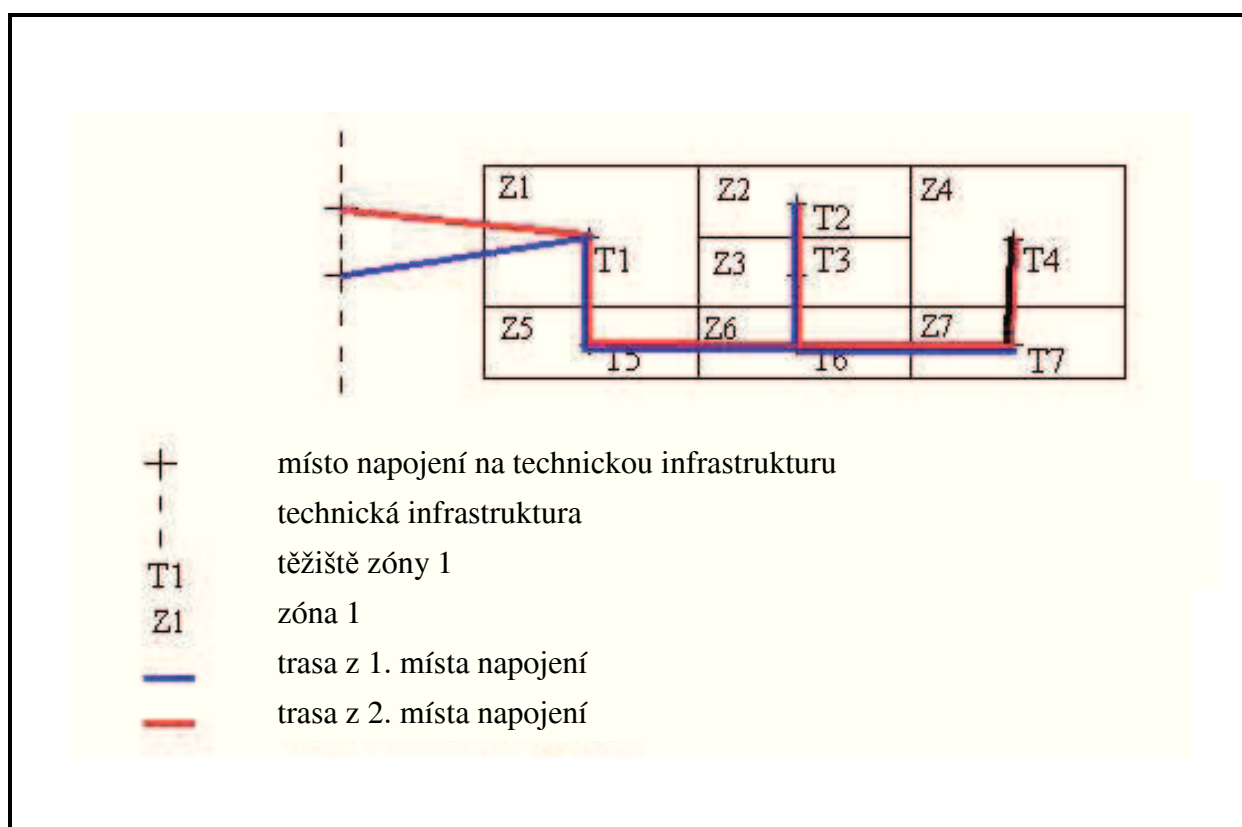
Add. 3. Pomocí dopravního problému stanovit trasy inženýrské sítě. Ctít metodu nejlevnější kostry, ze které vyplývá, že budou přidávány hrany tak, aby netvořily kružnici.

Pokud jsou od správců inženýrských sítí dána místa napojení, je stanovena plocha, ve které bude rozvod technické infrastruktury, a jsou určeny těžiště v jednotlivých zónách, lze na základě těchto údajů navrhnout trasy technické infrastruktury, které budou posouzeny metodou dopravního problému. Aby racionalizace technické infrastruktury byla řešitelná dopravním problémem, musí být pojmy uvedené v této metodě převedeny do řešení dopravního problému.

Tyto pojmy jsou:

- Místa napojení odpovídá pojmu uzel v metodě dopravního problému.
- Trasy technické infrastruktury odpovídá pojmu hrana v metodě dopravního problému.

Výsledek lze znázornit následovně



Obrázek 8 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z aplikace dopravního problému

Zdroj: vlastní

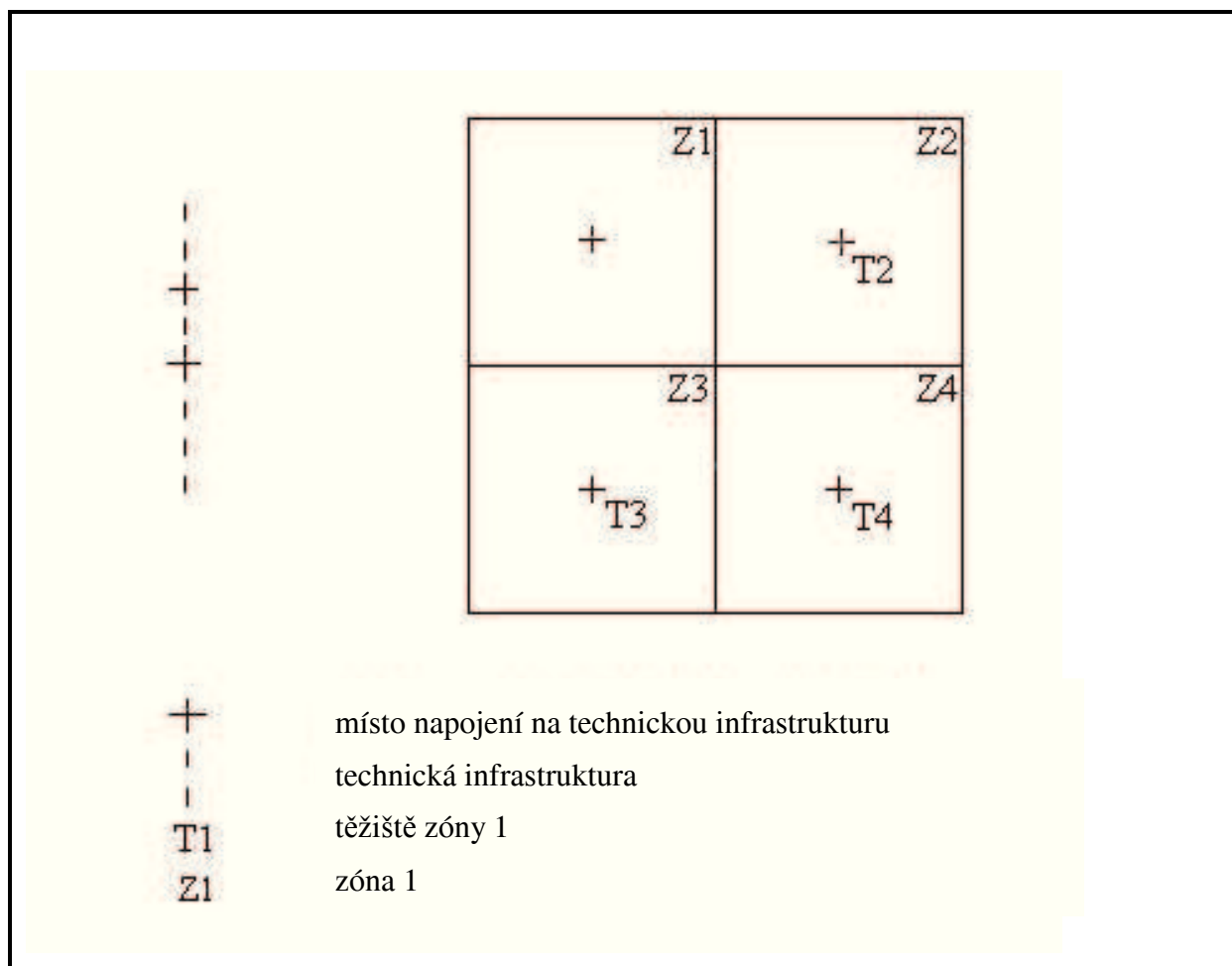
Přičemž pro jednotlivé trasy rozvodů je dopravním problémem vypočteno množství přepravovaného média.

<div> <div>odběratel</div> <div>dodavatel</div> </div>	O_1	O_2		O_n	a_i
D_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$...	$c_{1,n}$ $x_{1,n}$	a_1
D_2	$c_{2,1}$ $x_{2,1}$	$c_{2,2}$ $x_{2,2}$...	$c_{2,n}$ $x_{2,n}$	a_2
...
D_m	$c_{m,1}$ $x_{m,1}$	$c_{m,2}$ $x_{m,2}$...	$c_{m,n}$ $x_{m,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	...	b_n	Σa_i Σb_j

Tabulka 3 – zápis proměnných do tabulky k nalezení bazického řešení

Zdroj: [4]

Pro zjednodušení problému bude aplikace znázorněna na ploše, která bude mít čtyři zóny



Obrázek 9 - znázornění dodavatelů a odběratelů

Zdroj: vlastní

Pomocí metody nejlevnější kostry se navrhnu trasy od dodavatelů k odběratelům.

Vzdálenosti pro trasy mezi jednotlivými uzly jsou:

$$l = \sqrt{((x_{n+1} - x_n)^2 + (y_{n+1} - y_n)^2)}$$

kde

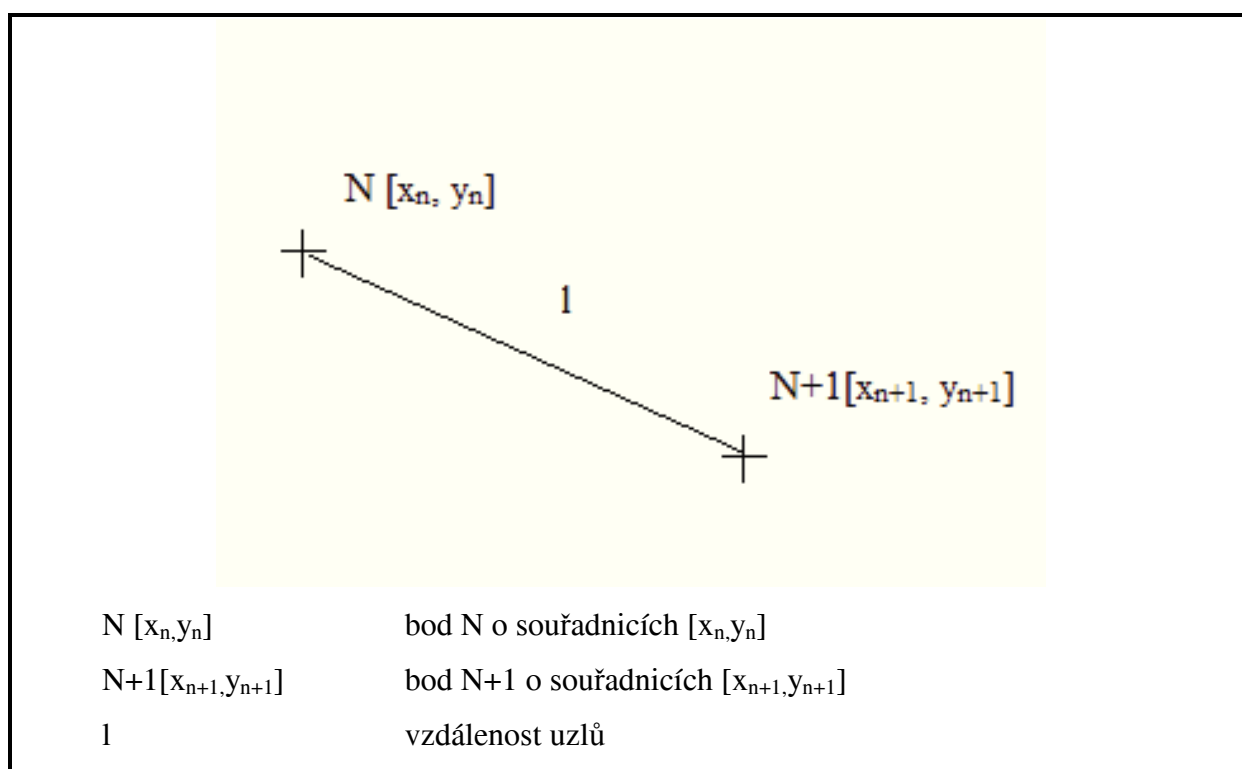
l – vzdálenost uzlů

x_{n+1} – vzdálenost x_{n+1} uzlu ve směru x

x_n – vzdálenost x_n uzlu ve směru x

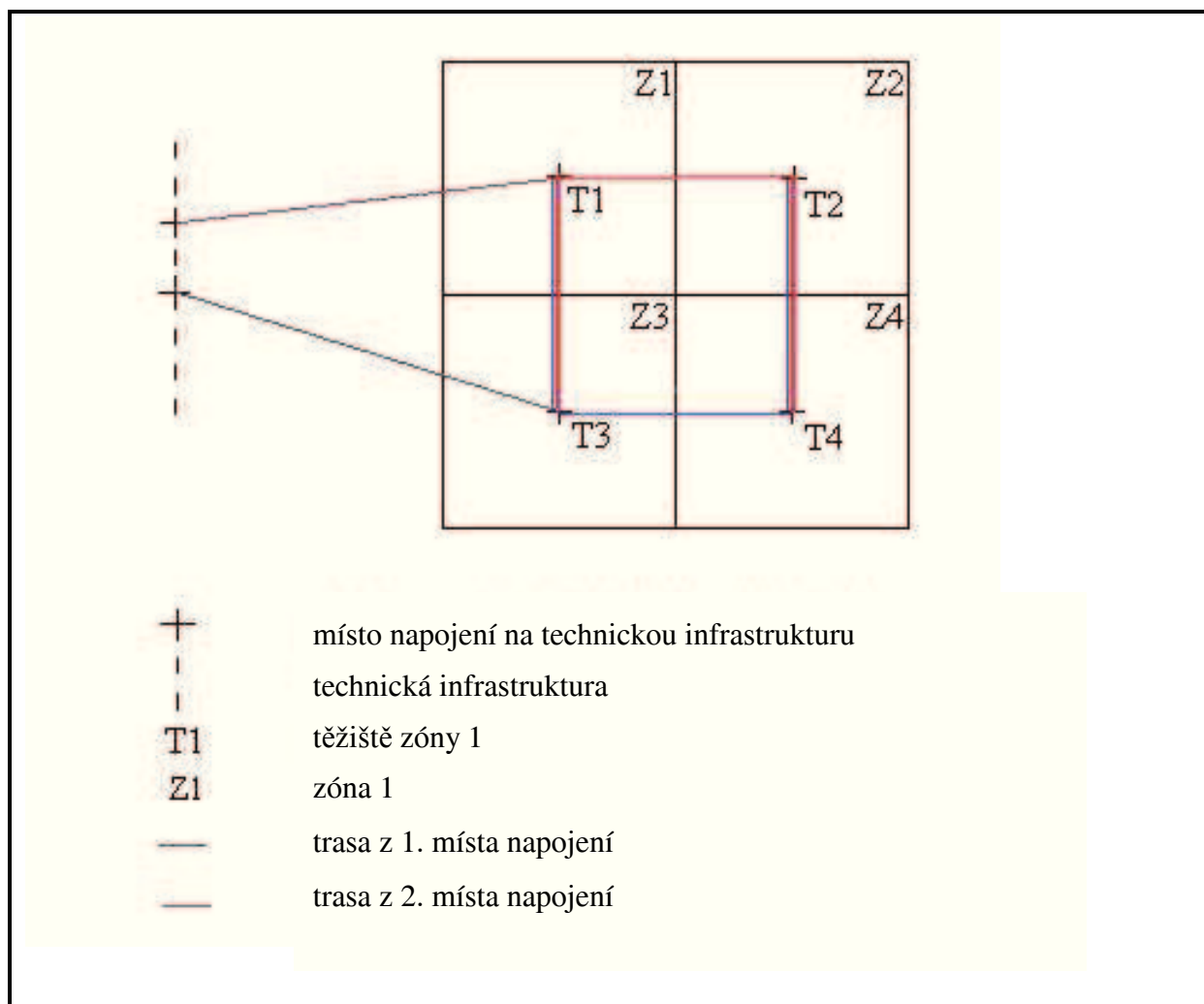
y_{n+1} – vzdálenost y_{n+1} uzlu ve směru y

y_n – vzdálenost y_n uzlu ve směru y



Obrázek 10 – vzdálenost tras mezi uzly

Zdroj: vlastní



Obrázek 11 – znázornění tras od dodavatelů k odběratelům

Zdroj: vlastní

Pro jednotlivé trasy rozvodů se postupem řešení dopravního problému

1. Ověří se řešitelnost úlohy.
2. Ověří se vyváženost úlohy.
3. Nalezne se výchozí bazické řešení.
4. Ověří se nedegenerovanost bazického řešení. Nedegenerovaným bazickým řešením je takové řešení, které má všechny bazické proměnné kladné. V soustavě $m + n$ lineárních rovnic je pouze $m + n - 1$ lineárně nezávislých rovnic, které obsahuje bazické řešení úlohy $m + n - 1$ bazických proměnných x_{ij} . V případě degenerace bazického řešení se degenerace odstraní.
5. Proveďte se test optimality. V případě nesplnění testu optimality se provádí změna báze a opětovné posouzení dle bodu 4.

Výsledkem je pak vypočteno množství přepravovaného média. Pro jednotlivé trasy od m -tého dodavatele a n -tého odběratele odpovídá m, n -té množství přepravovaného média.

odběratel dodavatel	O_1	O_2		O_n	a_i
D_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$	\dots	$c_{1,n}$ $x_{1,n}$	a_1
D_2	$c_{2,1}$ $x_{2,1}$	$c_{2,2}$ $x_{2,2}$	\dots	$c_{2,n}$ $x_{2,n}$	a_2
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
D_m	$c_{m,1}$ $x_{m,1}$	$c_{m,2}$ $x_{m,2}$	\dots	$c_{m,n}$ $x_{m,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	\dots	b_n	Σa_i Σb_j

Tabulka 4 - zápis proměnných do tabulky k výpočtu množství přepravovaného média

Zdroj: [4]

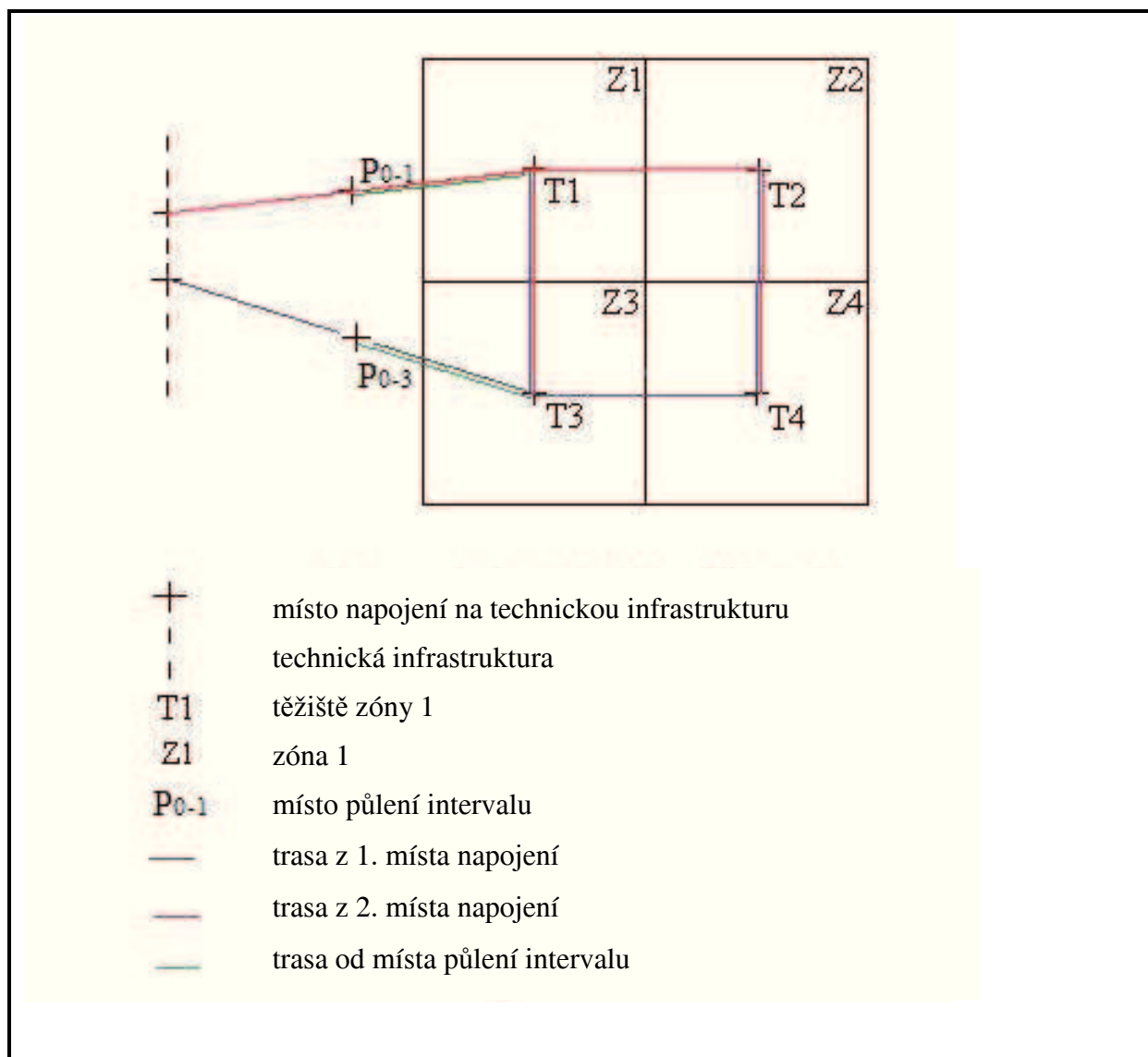
Přičemž platí, že

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + \dots + c_{1,n} x_{1,n} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + \dots + c_{2,n} x_{2,n} + c_{m,1} x_{m,1} + c_{m,2} x_{m,2} + \dots + c_{m,n} x_{m,n}.$$

Tímto způsobem je získáno, že ke každému odběrateli jsou vedeny právě dvě trasy. Pro návrh rozvodů technické infrastruktury se uvažuje jen jedna trasa k odběrateli. Při výběru trasy bude rozhodující, která trasa přepraví více média. Tento princip je převzat z metody nejlevnější kostry, ze které vyplývá, že budou přidávány hrany tak, aby netvořily kružnici, přičemž bude vybrána právě ta trasa, kterou se přepraví nejvíce média.

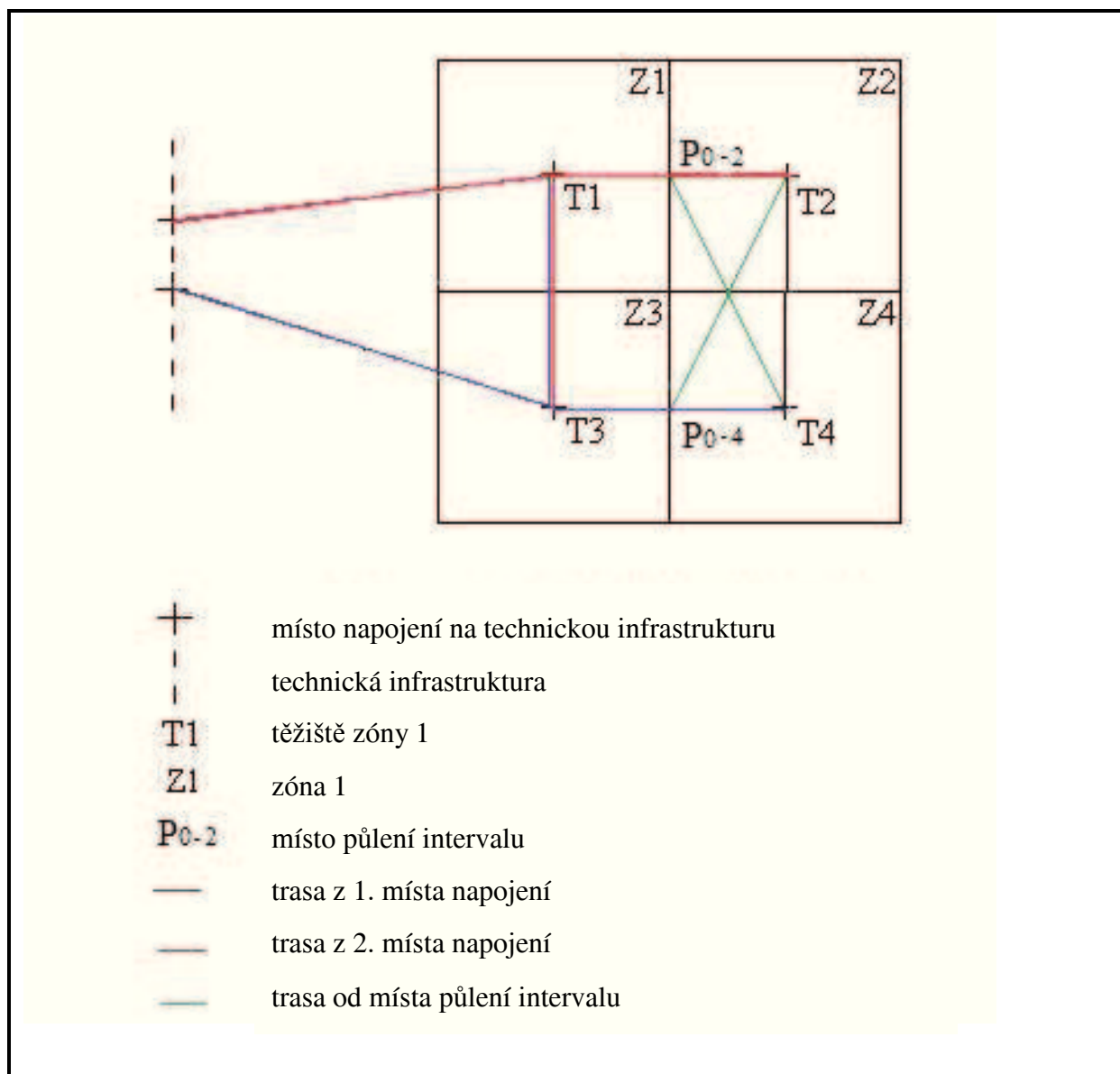
Předpokládá se ovšem, že existuje jiné řešení, které bude racionalizovat trasy, a to že na trase od místa napojení na technickou infrastrukturu k prvnímu odběrateli je vhodnější místo pro změny trasy inženýrské sítě. Totéž platí, že na trase mezi odběrateli je vhodnější místo pro změnu trasy inženýrské sítě.

Pomocí metody půlení intervalu se rozpůlí trasa mezi dodavatelem a prvním odběratelem, a následně mezi odběrateli.



Obrázek 12 – znázornění půlení tras od dodavatele k prvnímu odběrateli

Zdroj: vlastní



Obrázek 13 – znázornění půlení tras mezi odběrateli

Zdroj: vlastní

Pro jednotlivé trasy rozvodů, se postupem řešení dopravního problému:

1. Ověří se řešitelnost úlohy.
2. Ověří se vyváženost úlohy.
3. Nalezne se výchozí bazické řešení.
4. Ověří se nedegenerovanost bazického řešení. Nedegenerovaným bazickým řešením je takové řešení, které má všechny bazické proměnné kladné. V soustavě $m + n$ lineárních rovnic je pouze $m + n - 1$ lineárně nezávislých rovnic, které obsahuje bazické řešení úlohy $m + n - 1$ bazických proměnných x_{ij} . V případě degenerace bazického řešení se degenerace odstraní.
5. Proveďte se test optimality. V případě nesplnění testu optimality se provádí změna báze a opětovné posouzení dle bodu 4.

Výsledkem je pak vypočteno množství přepravovaného média. Pro jednotlivé trasy od m -tého dodavatele a n -tého odběratele odpovídá m, n -té množství přepravovaného média.

Pro porovnání zda nové řešení bude výhodnější je potřeba vypočítat Z_{\min} ze vzniklého řešení.

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + \dots + c_{1,n} x_{1,n} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + \dots + c_{2,n} x_{2,n} + c_{m,1} x_{m,1} + c_{m,2} x_{m,2} + \dots + c_{m,n} x_{m,n}$$

Řešení lze zobecnit:

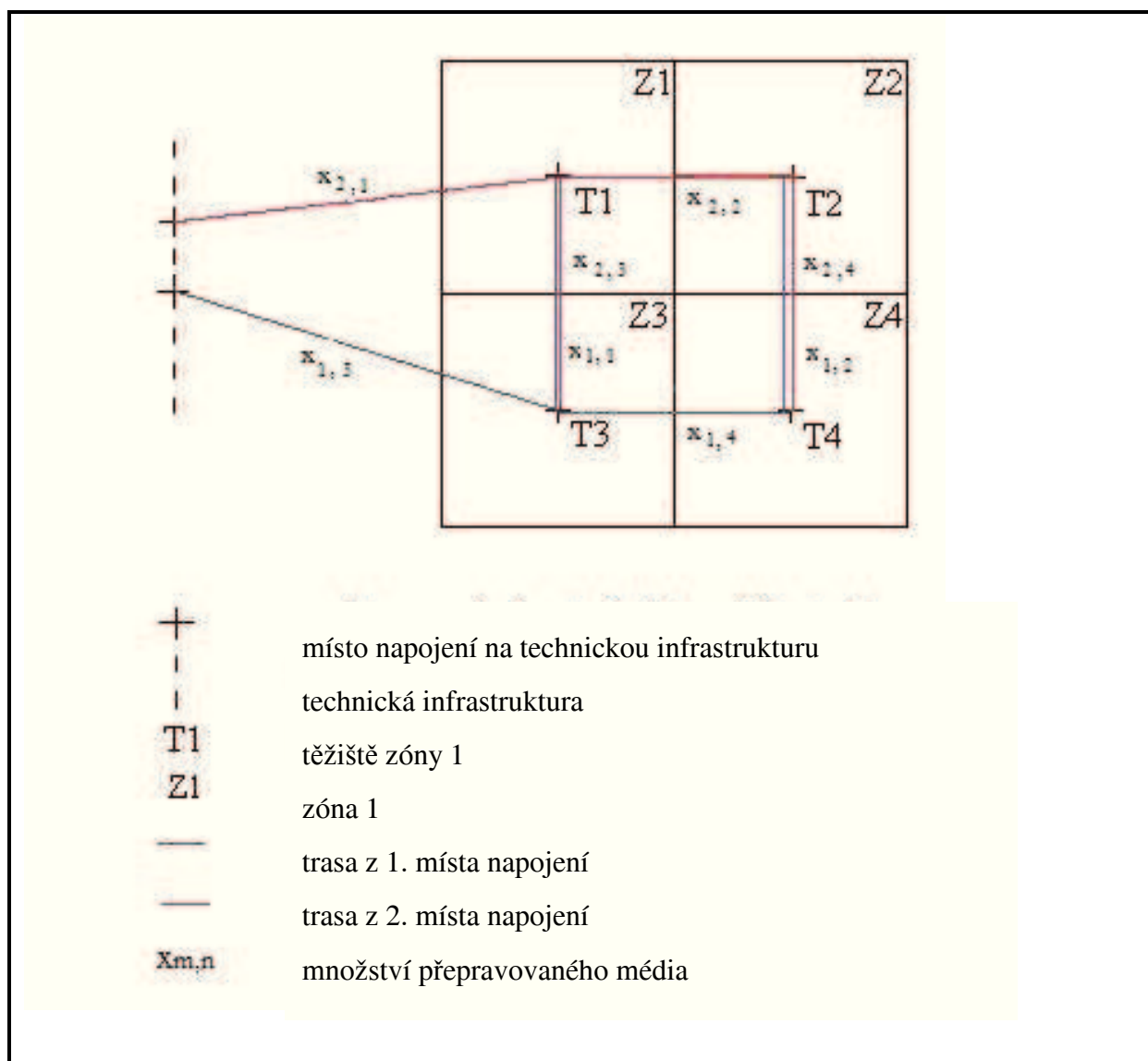
1. *Pomocí metody nejlevnější kostry navrhnout trasy inženýrských sítí.*
2. *Navržené trasy inženýrských sítí posoudit pomocí dopravního problému.*
3. *Nalezení nových tras při jejich půlení v intervalu od dodavatelů k prvním odběratelům pomocí metody půlení intervalu.*
4. *Navržené trasy inženýrských sítí posoudit pomocí dopravního problému.*
5. *Nalezení nových tras při jejich půlení v intervalu mezi odběrateli pomocí metody půlení intervalu.*
6. *Navržené trasy inženýrských sítí posoudit pomocí dopravního problému.*
7. *Porovnání posouzených řešení. Řešení s nejnižší hodnotou Z_{\min} , je řešení výsledné.*

4.4. Znázornění intervalů mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a odběrateli

4.4.1. Bez půlení intervalu

Jsou dáni 2 dodavatelé, tj. místa napojení na technickou infrastrukturu a 4 odběratelé, tj. těžiště jednotlivých zón $T_1 - T_4$.

Z dopravního problému se vypočte množství přepravovaného média pro jednotlivé trasy. Takto se získá množství přepravovaného média $x_{m,n}$.



Obrázek 14 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům včetně množství přepravovaného média v intervalu mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a odběrateli

Zdroj: vlastní

Pro každého odběratele jsou známy 2 trasy od dodavatelů a tyto trasy přepraví množství média, které je potřebné pro odběratele, což odpovídá

$$x_{1,1} + x_{2,1} = b_1$$

$$x_{1,2} + x_{2,2} = b_2$$

Od každého dodavatele jsou známy 4 trasy k odběratelům a tyto trasy přepraví množství média, které je rovno kapacitě dodavatelů, což odpovídá

$$x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} = a_1$$

$$x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} = a_2$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} = a_3$$

$$x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} = a_4$$

Z výpočtu přepravovaného množství média jednotlivými trasami se pak určí trasy. Pro určení, která trasa bude ponechána, a která bude vyřazena z řešení, je rozhodující, která přepraví více média. Pro tento účel porovnají hodnoty

$$x_{1,1} \text{ a } x_{2,1}$$

$$x_{1,2} \text{ a } x_{2,2}$$

$$x_{1,3} \text{ a } x_{2,3}$$

$$x_{1,4} \text{ a } x_{2,4}$$

4.4.2. Půlení intervalu

Při aplikaci metody půlení intervalu se postupným půlením získávají intervaly $\langle a_k, b_k \rangle$ se středy

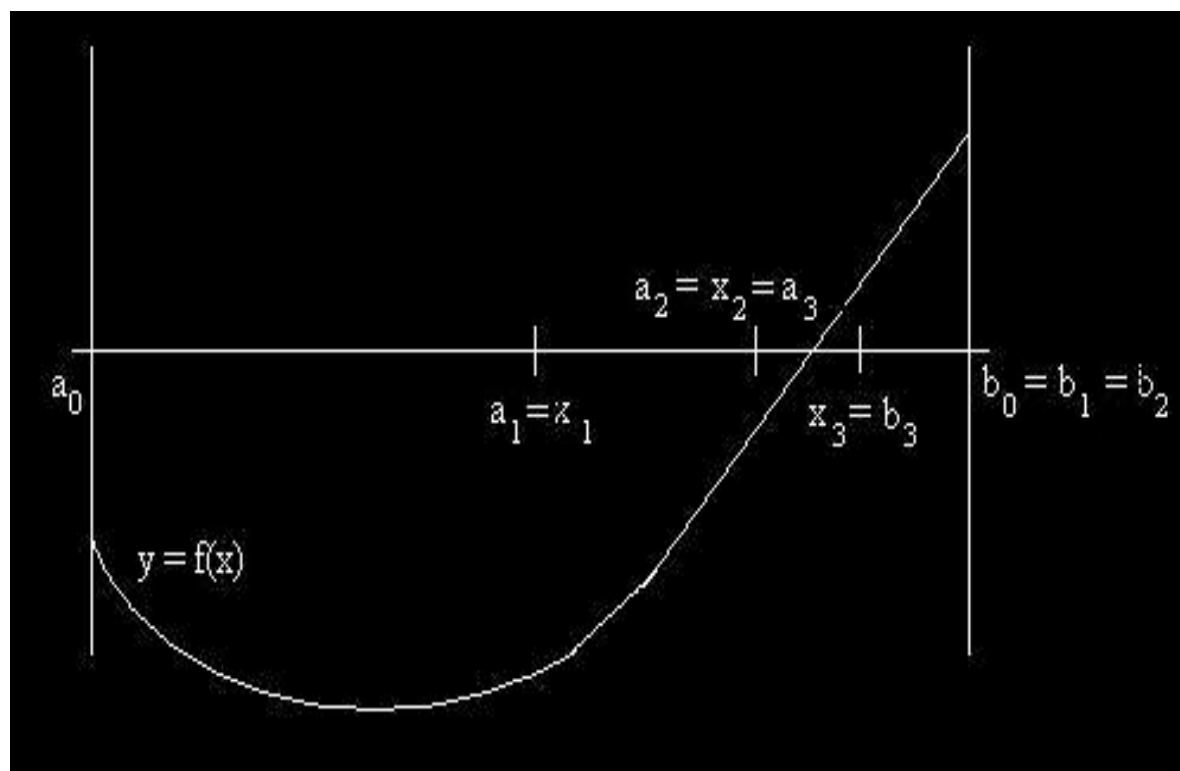
$$x_{k+1} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad [2]$$

kde,

a, b – krajní body intervalu $\langle a, b \rangle$, v němž leží kořen a všech intervalů $\langle a_k, b_k \rangle$, které byly získány během výpočtu

x – střed intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$

Postup řešení lze takto znázornit



Obrázek 15 - postup řešení metody půlení intervalu

Zdroj: [2]

U metody půlení intervalu se kořen rovnice stanovuje s přesností ε , přičemž půlení intervalu se uplatňuje dokud délka intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$ bude větší než 2ε , což znamená, že hodnota

$$\tilde{x} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad [2]$$

ε – přesnost aproximace kořene

Přesnost aproximace kořene ε bude stanovena až do splnění podmínky:

- 1) Při prvním půlení intervalu - že z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu je menší než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu.

$$z_{\min} (\text{před aplikací metody půlení intervalu}) < z_{\min} (\text{s aplikací metody půlení intervalu})$$

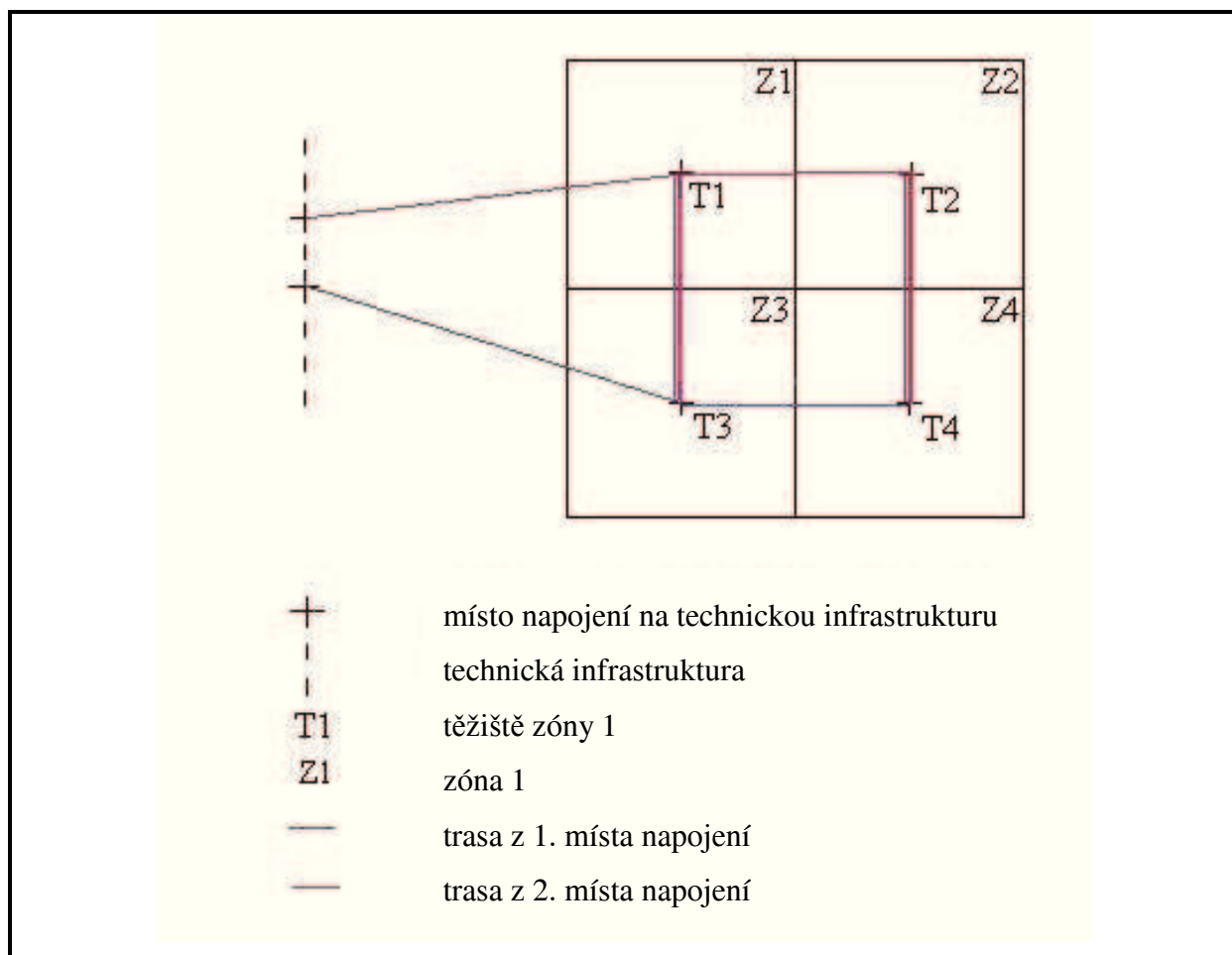
- 2) Při následných půlení intervalu – že z_{\min} z předešlé aplikace metody půlení intervalu je menší než z_{\min} z aplikace metody půlení intervalu.

$$z_{\min} (z \text{ předešlé aplikace metody půlení intervalu}) < z_{\min} (z \text{ aplikace metody půlení intervalu})$$

Pokud nebude splněna podmínka uvedená v bodě 1, následuje půlení intervalu a posouzení, zda je podmínka v bodě 2 splněna, tj., že z_{\min} (před aplikací metody půlení intervalu) je menší, než z_{\min} (s aplikací metody půlení intervalu). Proces půlení intervalu pokračuje až do splnění podmínky v bodě 2.

Postup řešení lze rozdělit takto:

Jsou dány trasy rozvodů od dodavatelů k odběratelům.

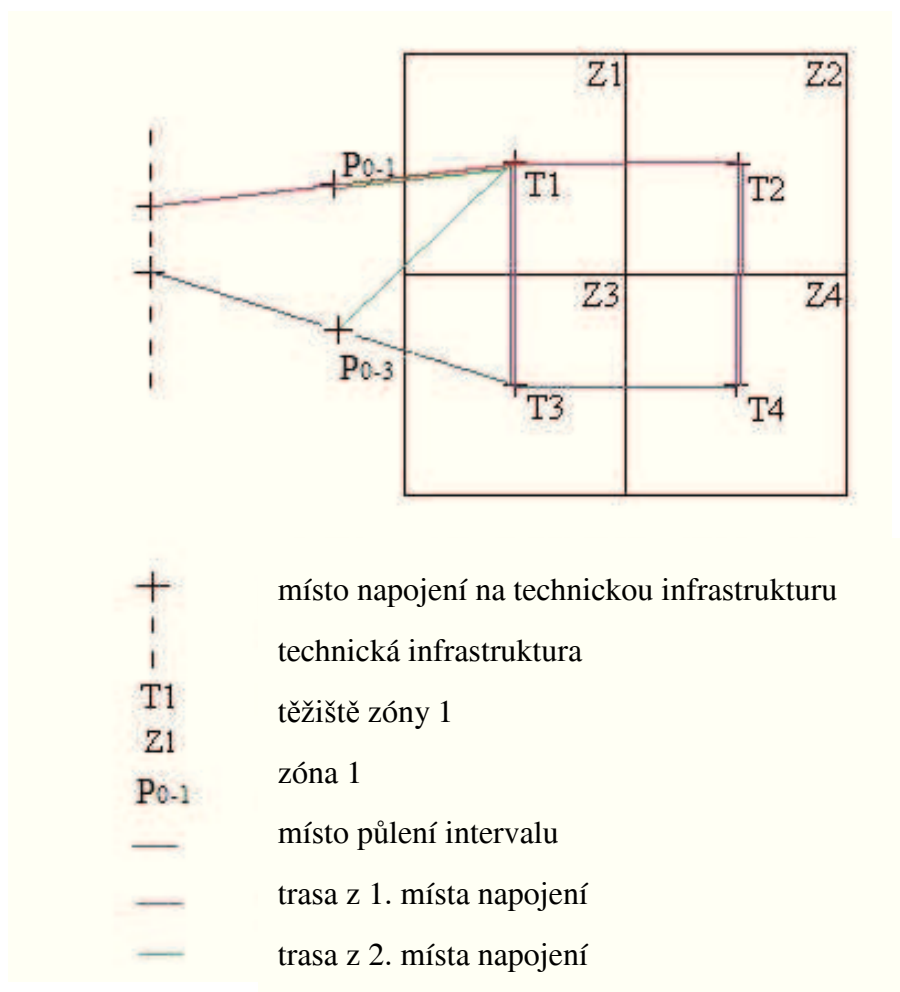


Obrázek 16 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům

Zdroj: vlastní

Pro toto řešení se vypočte z_{\min} .

Půlením trasy mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a 1. odběratelem vzniknou nové trasy.



Obrázek 17 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům při půlení intervalu mezi
dodavateli a prvním odběratelem

Zdroj: vlastní

Pro návrh technické infrastruktury pomocí dopravního problému pak je řešení následující:

dodavatel \ odběratel	O ₁		O ₂		O ₃		O ₄		a _i
		c _{1,1}		c _{1,2}		c _{1,3}		c _{1,4}	
D ₁	x _{1,1}		x _{1,2}		x _{1,3}		x _{1,4}		a ₁
D ₂		c _{2,1}		c _{2,2}		c _{2,3}		c _{2,4}	a ₂
	x _{2,1}		x _{2,2}		x _{2,3}		x _{2,4}		
D ₃		c _{3,1}		c _{3,2}		c _{3,3}		c _{3,4}	a ₃
	x _{3,1}		x _{3,2}		x _{3,3}		x _{3,4}		
b _j	b ₁		b ₂		b ₃		b ₄		Σ a _i Σ b _j

Tabulka 5 -zápis proměnných do tabulky k nalezení základního řešení

Zdroj: [4]

Z dopravního problému se pro toto řešení získá množství přepravovaného média pro jednotlivé trasy. Takto se získá množství přepravovaného média $x_{m,n}$.

Z výpočtu přepravovaného množství média jednotlivými trasami se pak určí trasy, které budou ponechány, a které budou vyřazeny z řešení. Pro určení, která trasa bude ponechána, a která bude vyřazena z řešení, je rozhodující, která přepraví větší množství média. Pro tento účel se porovnají hodnoty $x_{m,n}$

- pro odběratele T1 $x_{1,1}, x_{2,1}$
- pro odběratele T2 $x_{1,2}$ a $x_{2,2}$
- pro odběratele T3 $x_{1,3}$ a $x_{2,3}$
- pro odběratele T4 $x_{1,4}$ a $x_{2,4}$

Porovnáním přepravy množství média se získá rozčlenění tras na trasy, které budou ponechány a na trasy, které budou vyřazeny z řešení.

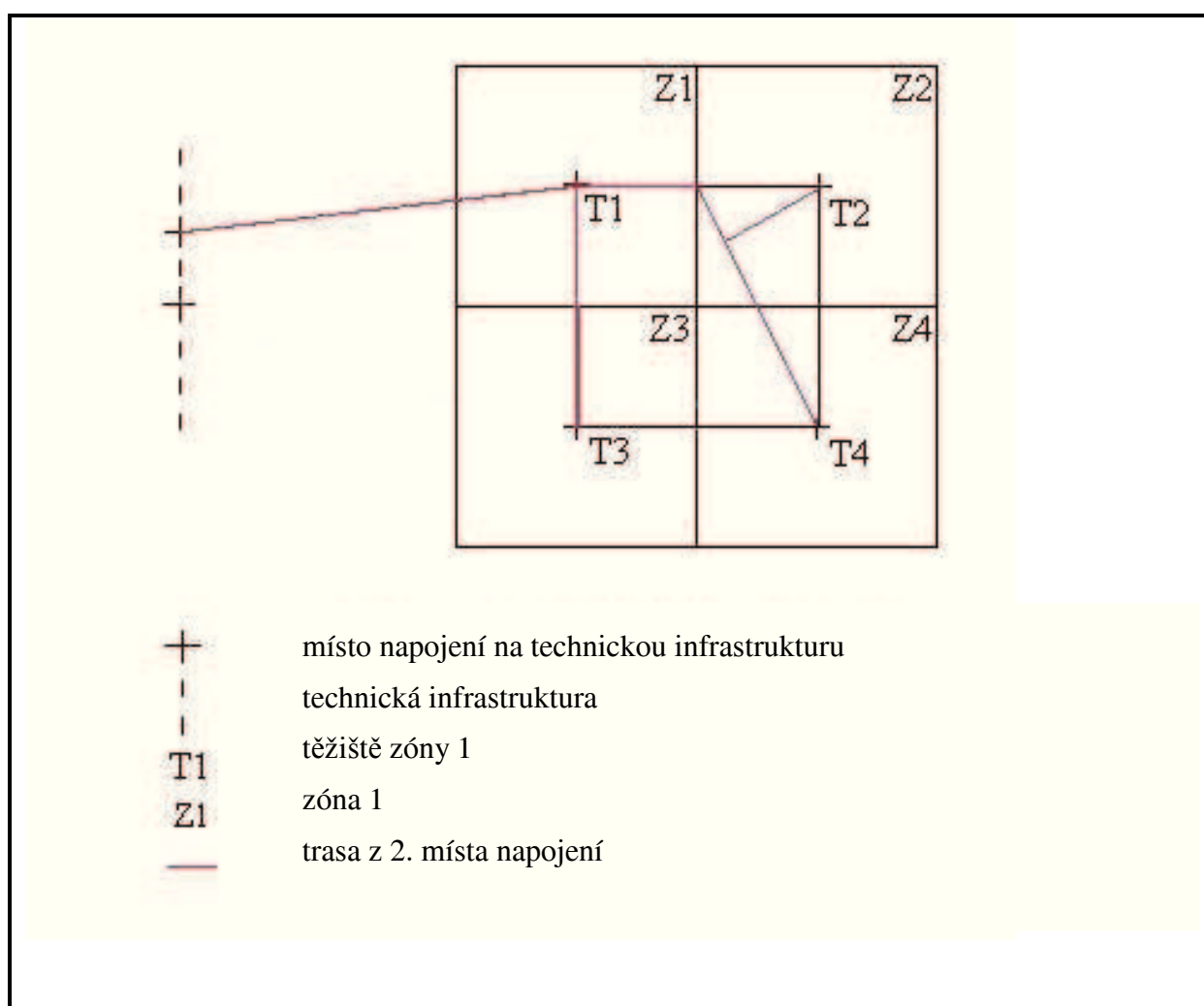
Pro tento výsledek se vypočte

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + c_{1,3} x_{1,3} + c_{1,4} x_{1,4} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + c_{2,3} x_{2,3} + c_{2,4} x_{2,4} + c_{3,1} x_{3,1} + c_{3,2} x_{3,2} + c_{3,3} x_{3,3} + c_{3,4} x_{3,4},$$

kde množství přepravovaného média u tras, které byly vyřazeny z řešení je rovno nule.

Následně se metoda půlení intervalu použije i pro změnu trasy mezi odběrateli.

Výsledkem pak může být návrh trasy pomocí metody nejlevnější kostry, metody půlení intervalu a posouzení dopravním problémem.



Obrázek 18 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z návrhu metody nejlevnější kostry, metody půlení intervalu a posouzení dopravním problémem

Zdroj: vlastní

Pro tento výsledek se vypočte

$$Z_{\min} = c_{1,1} x_{1,1} + c_{1,2} x_{1,2} + c_{1,3} x_{1,3} + c_{1,4} x_{1,4} + c_{2,1} x_{2,1} + c_{2,2} x_{2,2} + c_{2,3} x_{2,3} + c_{2,4} x_{2,4}$$

Výsledek z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu se porovná s výsledkem z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu.

Pokud z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu bude menší, než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu nejedná se zlepšení z_{\min} pomocí aplikace metody půlení intervalu a řešení je řešení konečné.

V případě, že z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu bude větší, než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu jedná se zlepšení z_{\min} pomocí aplikace metody půlení intervalu a hledá se, zda existuje nové lepší řešení. Pro nové řešení se opět použije metoda půlení intervalu.

4.4.3. Vyhodnocení řešení při půlení intervalu

Před použitím metody půlení intervalu mělo řešení 2 dodavatele (místa napojení na technickou infrastrukturu) a takový počet odběratelů, na kolik zón byla předmětná plocha rozdělena. Po aplikaci metody půlení intervalu byla změněna trasa inženýrské sítě. Při první aplikaci půlení intervalu byla trasa inženýrské sítě změněna v intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu a prvním odběratelem. Při dalším půlení intervalu byla trasa inženýrské sítě změněna v intervalu mezi odběrateli. Pro řešení bez aplikace metody půlení intervalu a pro řešení s první aplikací metody půlení intervalu byly vypočteny hodnoty z_{\min} . Pokud z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu bylo menší, než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu nejedná se zlepšení z_{\min} pomocí aplikace metody půlení intervalu a původní řešení je řešení konečné. Pokud z_{\min} před aplikací metody půlení intervalu bude větší než z_{\min} s aplikací metody půlení intervalu jedná se zlepšení z_{\min} pomocí aplikace metody půlení intervalu a může existovat lepší řešení. Pro nové řešení se opět použije metoda půlení intervalu.

Pro nalezení, zda existuje lepší řešení se opětovně použije metoda půlení intervalu, kde dojde ke změně trasy inženýrské sítě. Pro obě řešení z druhé aplikace metody půlení intervalu se vypočte z_{\min} , která se porovnají se z_{\min} z první aplikace metody půlení intervalu. Z porovnání můžou nastat tyto případy:

1) *V intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu k prvnímu odběrateli*

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je menší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

a současně

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je menší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

je řešení z 1. aplikace metody půlení intervalu konečné.

2) *V intervalu mezi odběrateli*

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je větší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

a současně

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je menší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

pak může existovat lepší řešení a dojde ke změně trasy v intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu a prvním odběratelem.

3) *V intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu k odběratelům*

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je menší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

a současně

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je větší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

pak může existovat lepší řešení a dojde ke změně trasy v intervalu mezi odběrateli.

4) *V intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu a prvním odběratelem*

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je větší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

a současně

v intervalu mezi odběrateli

z_{\min} (z 1. aplikace metody půlení intervalu) je větší než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení intervalu)

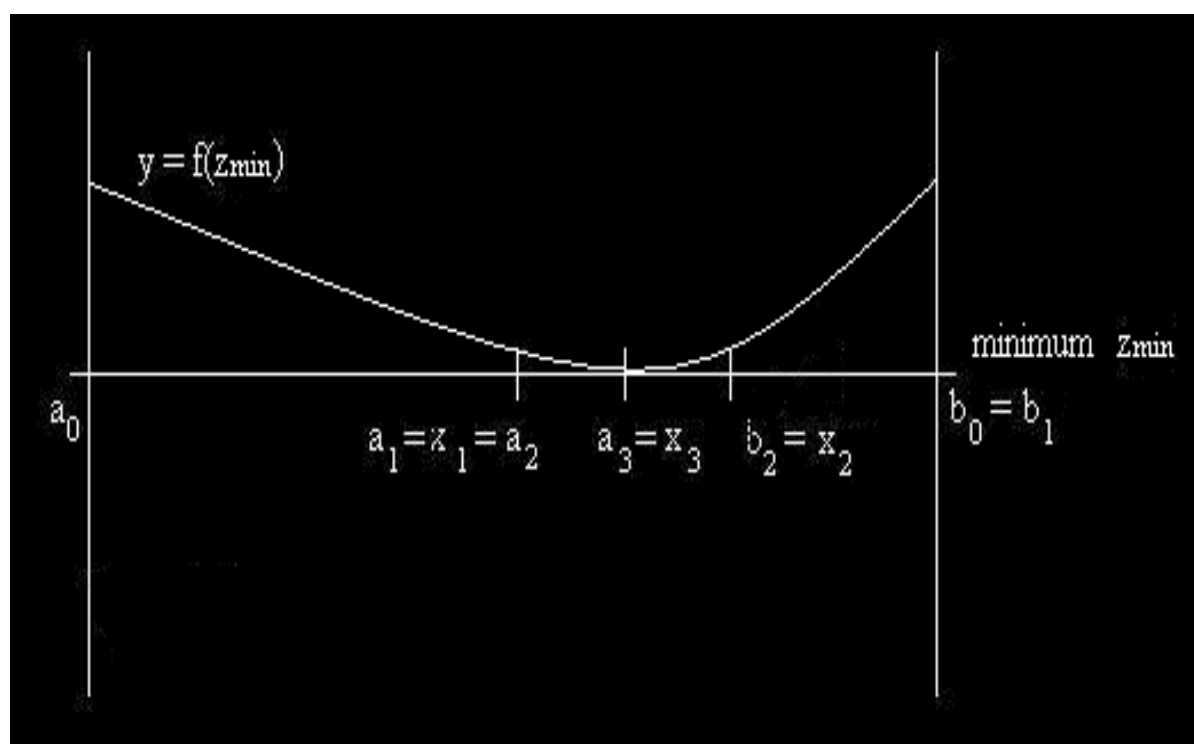
pak může existovat lepší řešení. Pro tento případ se porovnají hodnoty z_{\min} z 2. aplikací.

- Pokud z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení o intervalu mezi technickou infrastrukturou k prvním odběrateli) bude menší, než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení o intervalu mezi odběrateli), může existovat lepší řešení, a to, že dojde ke změně trasy inženýrské sítě v intervalu od technické infrastruktury k prvním odběrateli.
- Pokud z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení o intervalu mezi odběrateli) bude menší, než z_{\min} (z 2. aplikace metody půlení o intervalu od místa napojení na technickou infrastrukturu k prvním odběrateli), může existovat lepší řešení, a to, že dojde ke změně trasy inženýrské sítě v intervalu mezi odběrateli.

V těch případech, kdy řešení není ještě konečné, aplikuje se obdobný princip.

Je dán interval omezený krajními body intervalu $\langle a, b \rangle$, který se půlí. Pro každý krok půlení se vypočtou hodnoty z_{\min} , které se porovnávají s hodnotou z_{\min} o krok zpět. V případě dvou a více aplikací metody půlení intervalu, jsou-li obě hodnoty z_{\min} v tomto kroku menší než z_{\min} v předešlém kroku, pak se porovnávají i mezi sebou. Tento proces se opakuje až do splnění podmínky, kdy z_{\min} (z předešlé aplikace metody půlení intervalu) je menší než z_{\min} (z aplikace metody půlení intervalu).

Postup řešení lze takto znázornit



Obrázek 19 - postup řešení metody půlení intervalu

Zdroj: vlastní

Pro posouzení, zda z_{\min} z poslední aplikace metody půlení intervalu je řešení nejvhodnější, se porovnají řešení pro všechny trasy inženýrské sítě vzniklé metodou půlení intervalu. Pokud z_{\min} z poslední aplikace metody půlení intervalu bude menší, než z_{\min} z předešlých řešení, je řešení z poslední aplikace metody půlení intervalu konečné.

4.4.4. Vyhodnocení výsledků

V počátku pro návrh řešení je dán počet dodavatelů (počet napojení na technickou infrastrukturu) a počet odběratelů (počet zón). Pro jednotlivé trasy rozvodů technické infrastruktury od dodavatelů k odběratelům je vypočteno množství přepravovaného média. Z vypočteného množství přepravovaného média pro jednotlivé trasy se pomocí metody dopravního problému vybere právě ta trasa pro každého odběratele, která přepraví nejvíce média. Tímto způsobem se získá, že pro každého odběratele bude pouze 1 trasa od dodavatelů.

Trasy inženýrské sítě jsou nadimenzovány pro toto množství přepravovaného média:

Interval tras	množství přepravovaného média
od technické infrastruktury k 1. odběrateli	Σ množství média pro 1., 2., 3., 4. odběratele
od 1. odběratele k 2. odběrateli	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 2. odběratele k 3. odběrateli	Σ množství média pro 3., 4. odběratele
od 3. odběratele k 4. odběrateli	Σ množství média pro 4. odběratele

Tabulka 6 - množství přepravovaného média bez půlení intervalu při začátku řešení pomocí dopravního problému

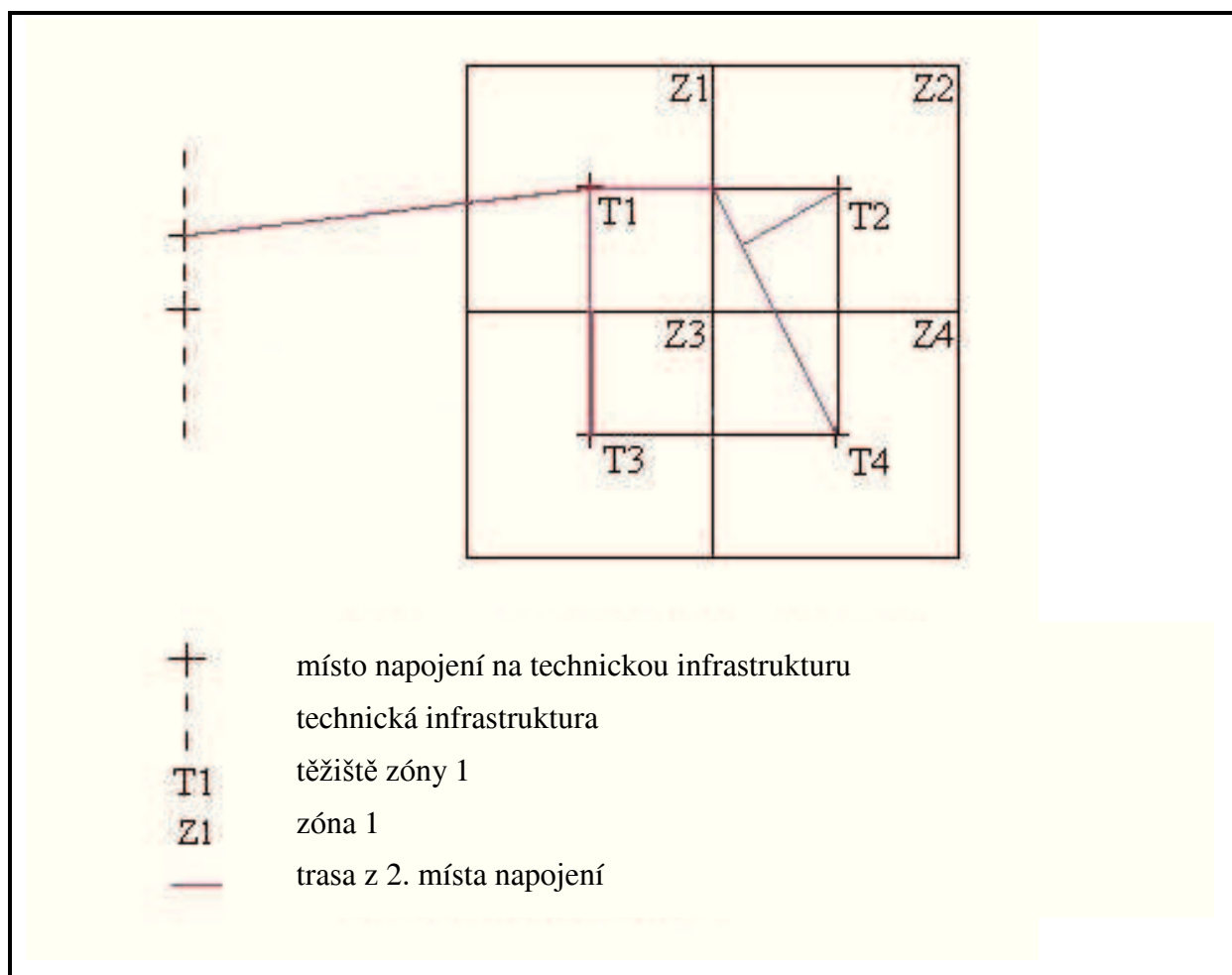
Zdroj: vlastní

Interval tras	množství přepravovaného média
od technické infrastruktury k místu půlení mezi technickou infrastrukturou a 1. odběratelem	Σ množství média pro 1., 2., 3., 4. odběratele
od 1. odběratele k místu půlení mezi 1. a 2. odběratelem	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 1. odběratele k místu půlení mezi 1. a 3. odběratelem	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 1. odběratele k místu půlení mezi 1. a 4. odběratelem	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 2. odběratele k místu půlení mezi 2. a 3. Odběratelem (1. odběratel je již napojen)	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 2. odběratele k místu půlení mezi 2. a 4. Odběratelem (1. odběratel je již napojen)	Σ množství média pro 2., 3., 4. odběratele
od 3. odběratele k místu půlení mezi 3. a 4. Odběratelem (1. a 2. odběratel jsou již napojeni)	Σ množství média pro 4. odběratele

Tabulka 7 - množství přepravovaného média s půlením intervalu

Zdroj: vlastní

Pokud výsledek bude například takto:



Obrázek 20 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z návrhu metody nejlevnější kostry, metody půlení intervalu a posouzení dopravním problémem

Zdroj: vlastní

pak trasy inženýrské sítě přepraví toto množství média:

Interval tras	množství přepravovaného média
od technické infrastruktury k 1. odběrateli	Σ množství média pro 1., 2., 3., 4. odběratele
od 1. odběratele k 3. odběrateli	Σ množství média pro 3. odběratele
od 1. odběratele k místu půlení mezi 1. a 4. odběratelem	Σ množství média pro 2., 4. odběratele
od místa půlení mezi 1. a 4. odběratelem k 4. odběrateli	Σ množství média pro 4. odběratele
od místa půlení mezi 1. a 4. odběratelem k 2. odběrateli	Σ množství média pro 2. odběratele

Tabulka 8 - výsledné množství přepravovaného média

Zdroj: vlastní

5. Originální přínos

5.1. Přínos - zhodnocení

Předmětem disertační práce je navrhnout metodu, která vede k racionalizaci technické infrastruktury, resp. inženýrské sítě. Metody vychází z ekonomicko-matematickým metod, z metody půlení intervalu a určení těžiště. Z charakteristiky a podrobného průzkumu ekonomicko-matematických metod vyplynulo, že tyto metody se mohou aplikovat pro návrh technické infrastruktury, zejména metoda dopravního problému, metoda nejlehčí kostry a použití principu metody půlení intervalu. Ekonomicko-matematické metody lze aplikovat na řešení technické infrastruktury, neboť poznatky z ekonomicko-matematických metod se uplatňují v případech, kdy se vyskytuje požadavek na racionální provedení operací s přihlédnutím k ekonomickým hlediskům a výsledek ekonomicko-matematických metod může mít více možných řešení, tak jak při návrhu technické infrastruktury, kdy je nutno realizovat jen nejlepší z nich. Ekonomicko-matematické metody se člení na jednotlivé metody a jednou z těchto metod je dopravní problém, který řeší přepravu materiálu (zboží)

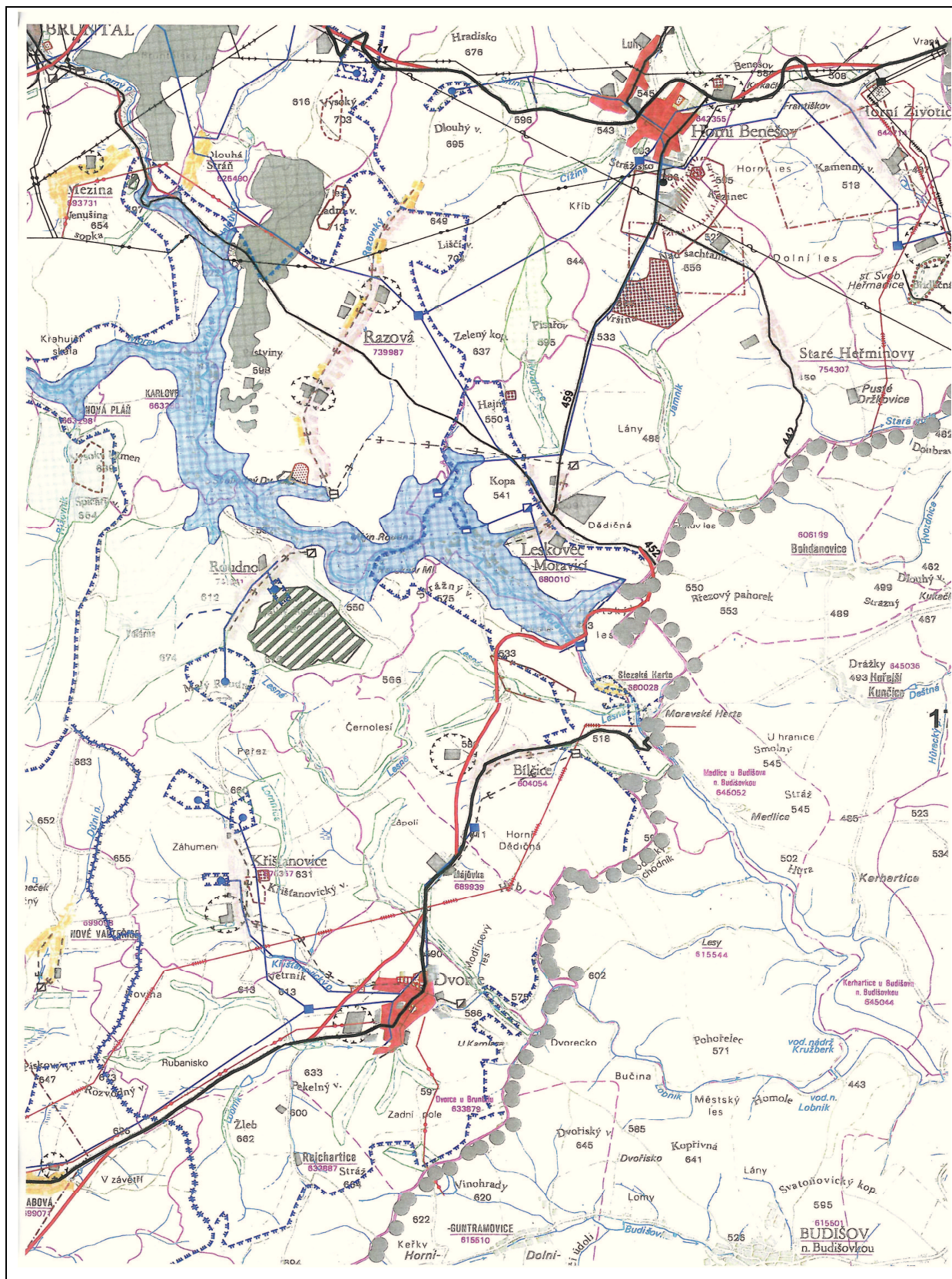
co nejúsporněji od dodavatelů k odběratelům. Tato metoda se použila pro racionalizaci technické infrastruktury, protože návrh technické infrastruktury rovněž řeší přepravu média z jednoho místa na místo druhé. Trasy rozvodů technické infrastruktury jsou vybrány podle principu dopravního problému, který hledá co nejúspornější přepravu materiálu, pro které je nadefinována účelová funkce $z_{\min} = \Sigma \text{ náklady na dopravu} \times \text{množství přepravovaného média}$ a principu metody nejlehčí kostry, kdy cílem této metody je získání grafu s minimálním součtem hodnot hran, přičemž se za graf považuje neprázdná množina uzlů a neprázdná množina hran.. Tímto způsobem nejsou navrhovány trasy jen podle nákladů na vybudování rozvodů technické infrastruktury, ale přihlíží se také na množství média, které tyto trasy přepraví.

Výsledkem disertační práce je metoda pro nalezení optimálního řešení trasy inženýrské sítě, za použití aplikace metody dopravního problému, principu půlení intervalu, metody nejlehčí kostry a určení těžiště.

5.2. Přínos - ověření

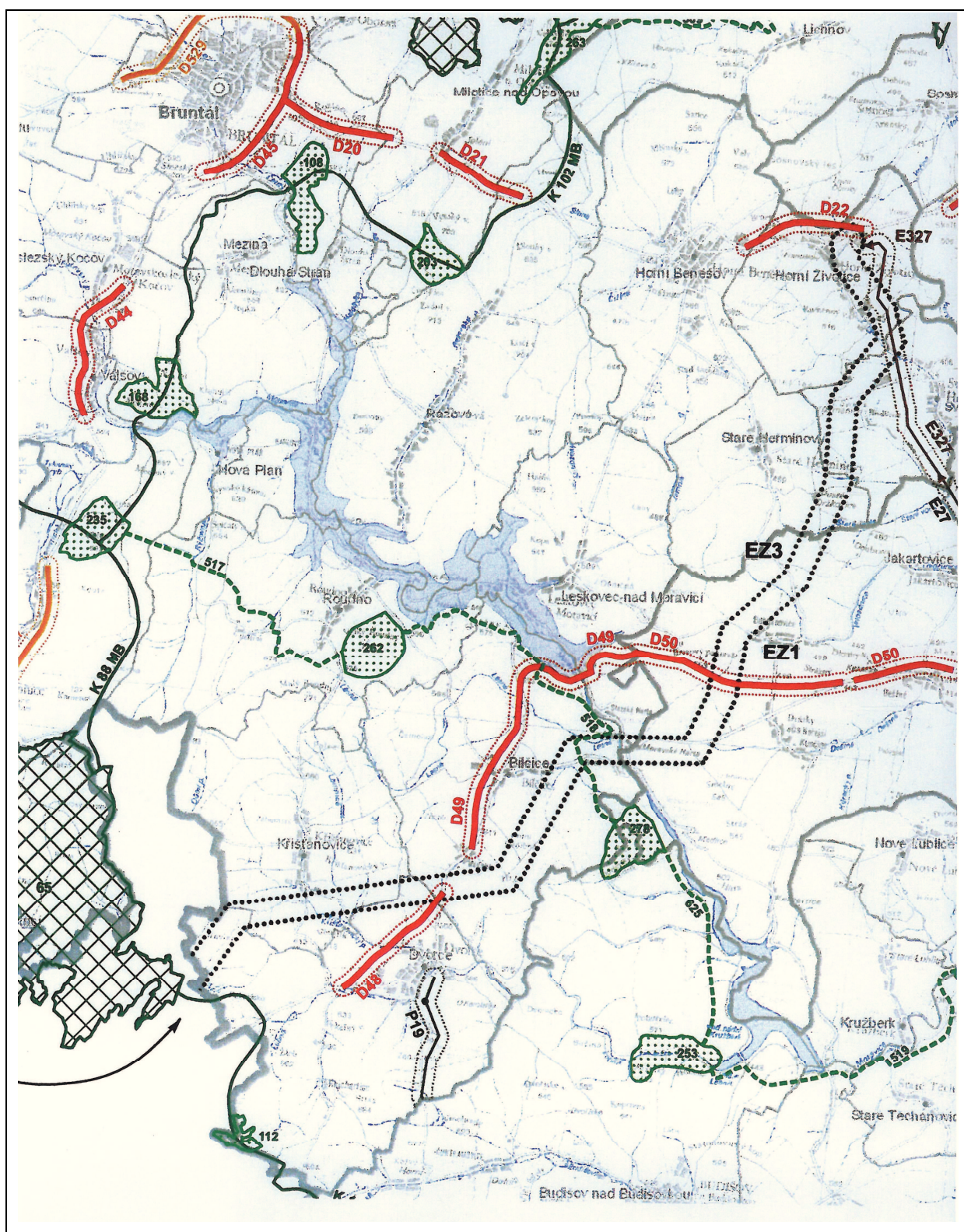
Obsahem disertační práce je návrh metody, která vede k racionalizaci technické infrastruktury v územním plánování pomocí ekonomicko-matematických metod, metody půlení intervalu a určení těžiště. Racionalizace technické infrastruktury je ověřena na koridoru technické infrastruktury určený pro elektřinu velmi vysokého napětí. V současné době jsou vydány Zásady územního rozvoje Moravskoslezského kraje, ve kterých je vymezen koridor pro elektřinu velmi vysokého napětí. Racionalizací technické infrastruktury se navrhne nové řešení pro koridor elektřiny velmi vysokého napětí a zdůrazní se důležitost technické infrastruktury, z čehož vyplývá, že ji nelze podřazovat pod funkční využití a dopravní infrastrukturu nebo ji přímo opomenout.

Řešení pomocí dopravního problému je ověřeno na koridoru elektřiny velmi vysokého napětí. Koridor byl již vymezen v Územním plánu Velkého územního celku Jeseníky a převzat do Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje.



Obrázek 21 - výřez z hlavního výkresu Velkého územního celku Jeseníky po 1. změně

Zdroj: [24]



Obrázek 22 – výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje

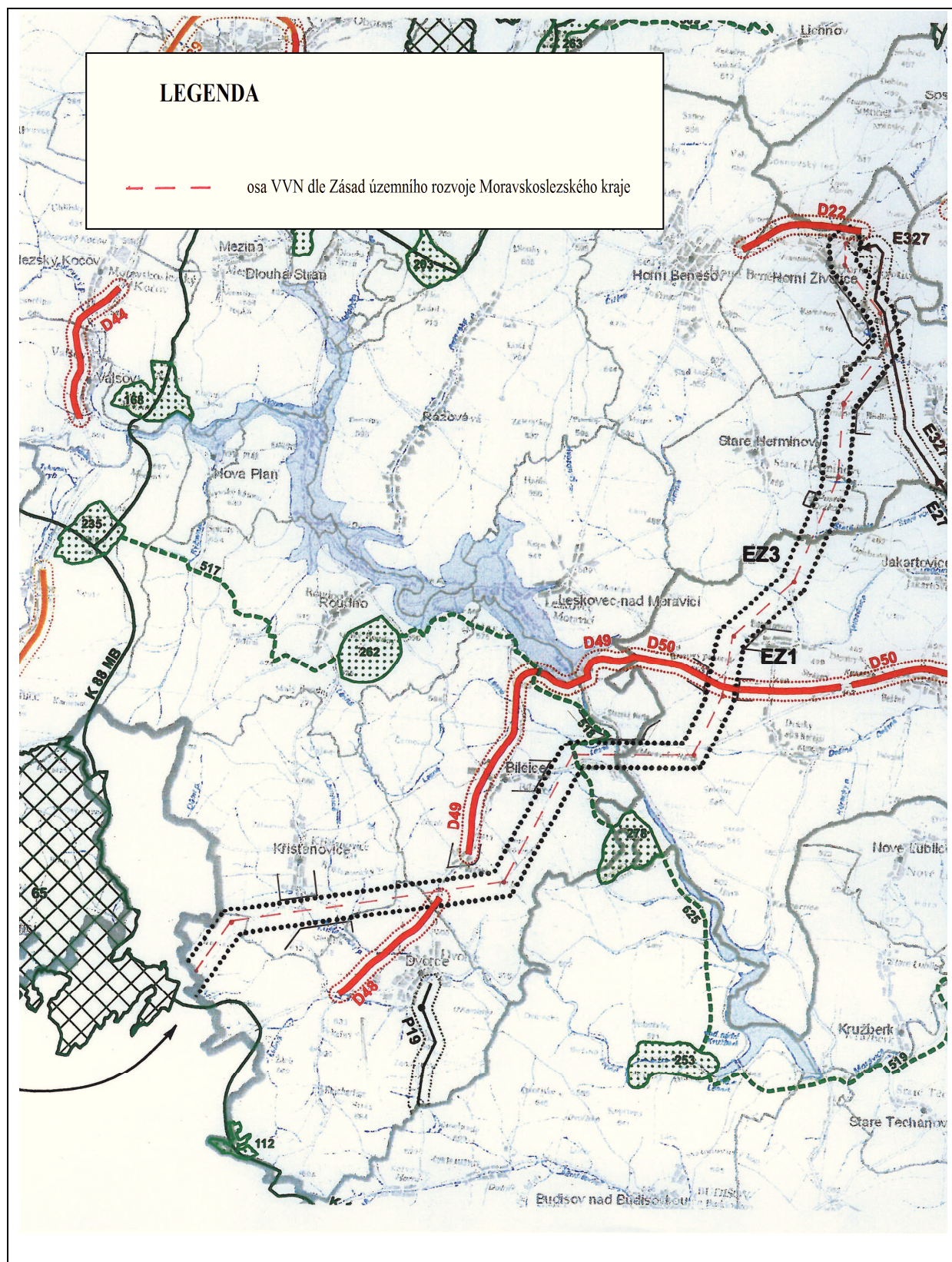
Zdroj: [23]

Pro řešení se určilo:

- místo napojení
- místo odběru
- osa trasy VVN uvedená v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezské kraje
- omezení, které se nachází podél trasy VVN uvedené v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezské kraje (zastavěná území, koridory navrhovaných staveb,)
- lomové body na ose trasy VVN
- lomové body na ose trasy VVN pro potřeby metody disertační práce
- následná půlení intervalu na ose trasy VVN uvedené v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezské kraje

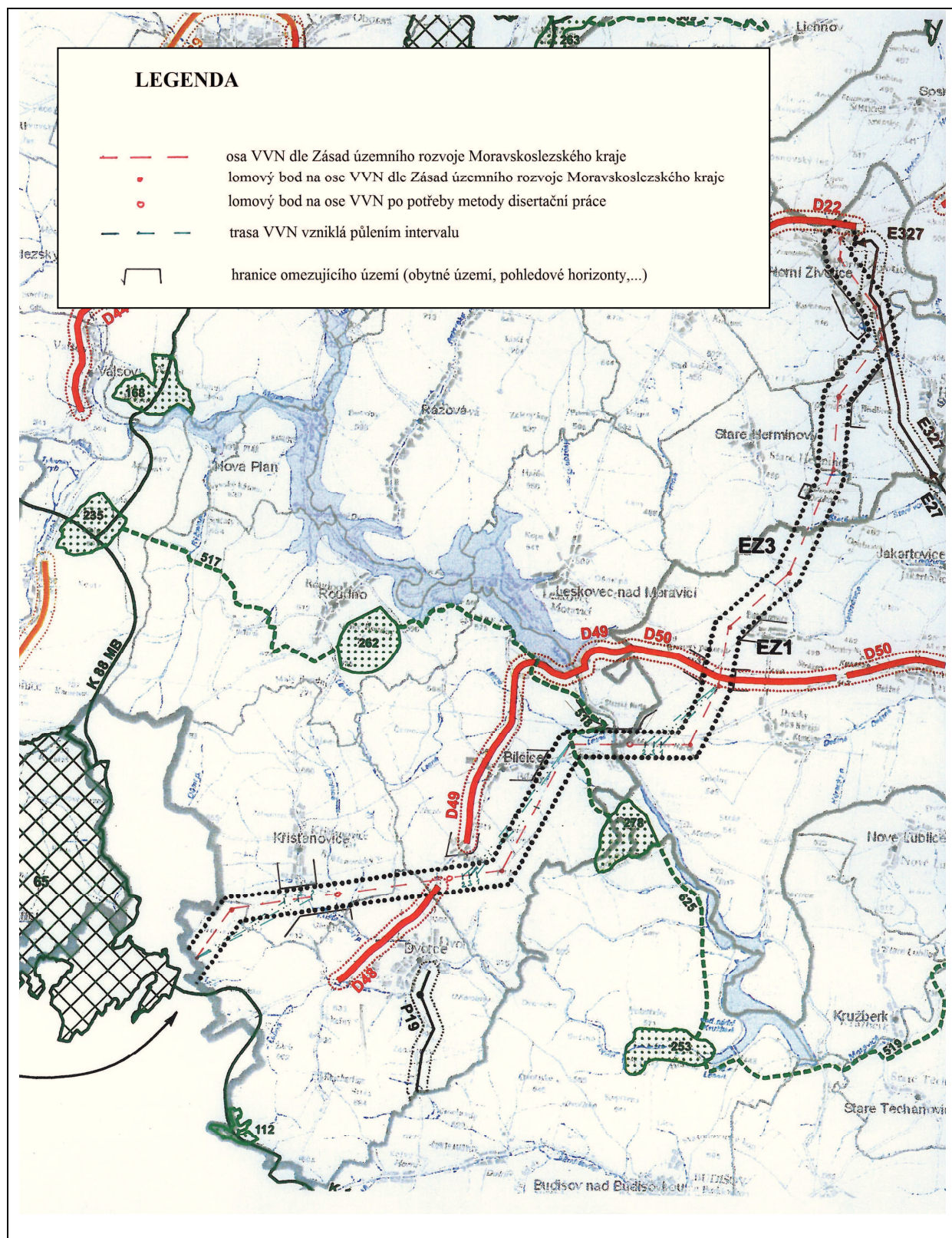
Řešení je provedeno nad mapovým listem v měřítku 1 : 100 000. Určení těžiště se na řešeném příkladě nepoužije, neboť místo odběru je známo. Půlení intervalu bude provedeno v takovém rozsahu, aby koridor VVN nezasahoval do stanovených omezení, která se nachází podél trasy VVN. V opačném případě nebude půlení intervalu provedeno.

Půlení intervalu je možné na 3 místech trasy VVN, a to na úsecích, kterou jsou dále označeny jako úseky 1 - 3. Na další části trasy nelze provést změnu trasy VVN, neboť by došlo ke zhoršení řešení. Na úsecích 1 – 3 bylo provedeno půlení intervalu mezi lomovými body. Konečné byly vždy 3 kroky půlení intervalu. Další půlení intervalu by vedlo ke zhoršení řešení. Pro konečné posouzení byly vybrány trasy se Z_{\min} v jednotlivých úsecích.



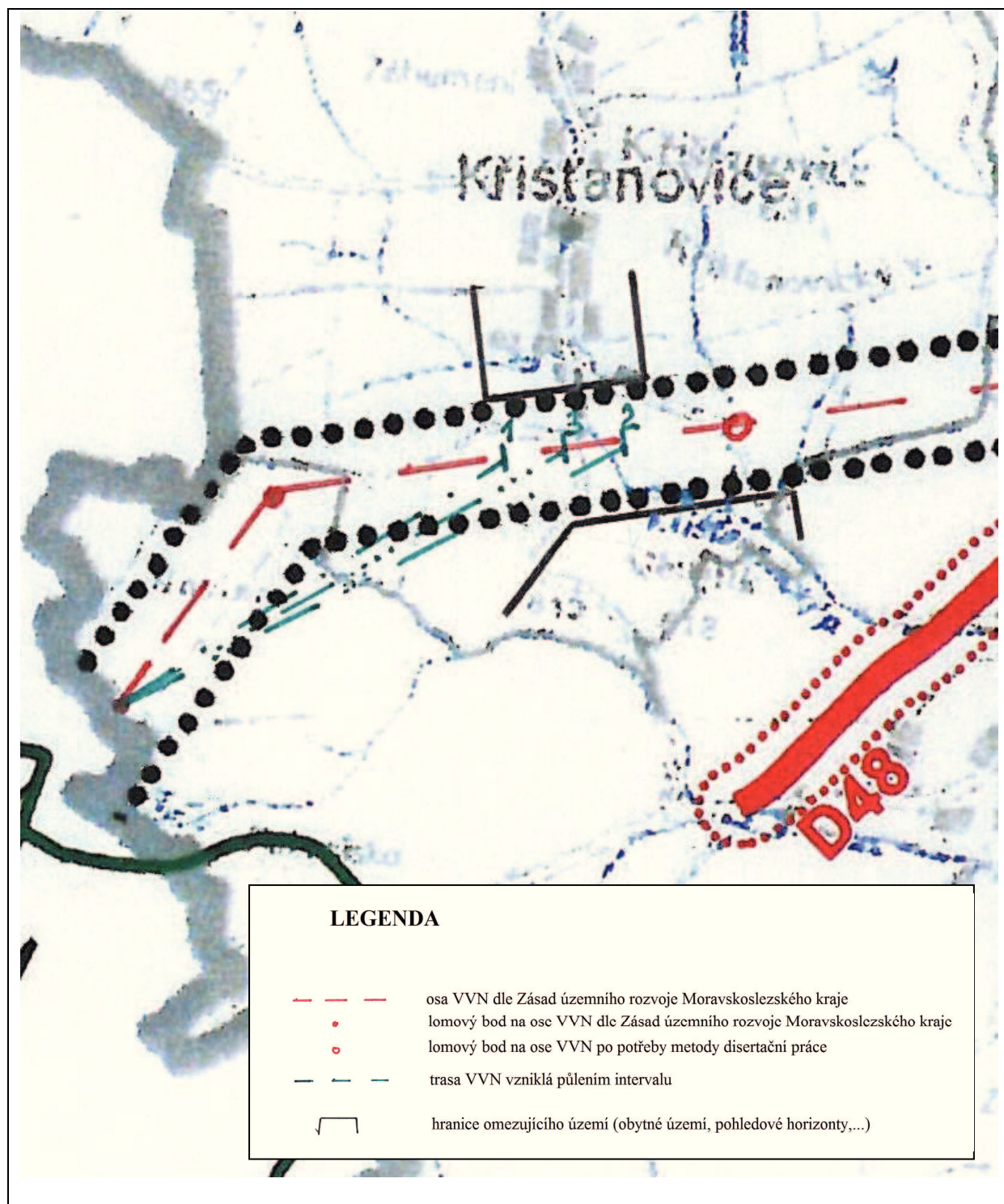
Obrázek 23 – výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem osy VVN

Zdroj: vlastní



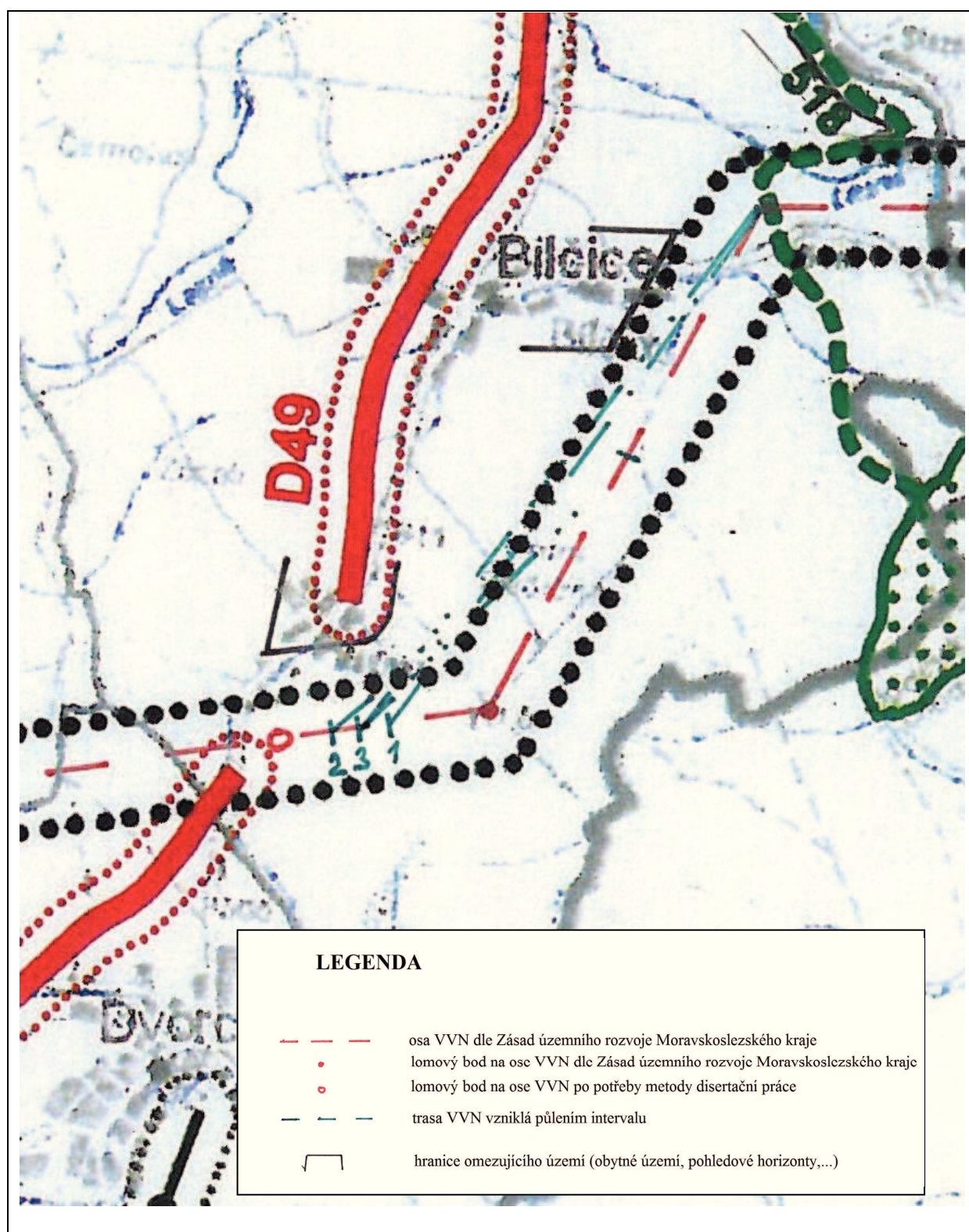
Obrázek 24 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu

Zdroj: vlastní



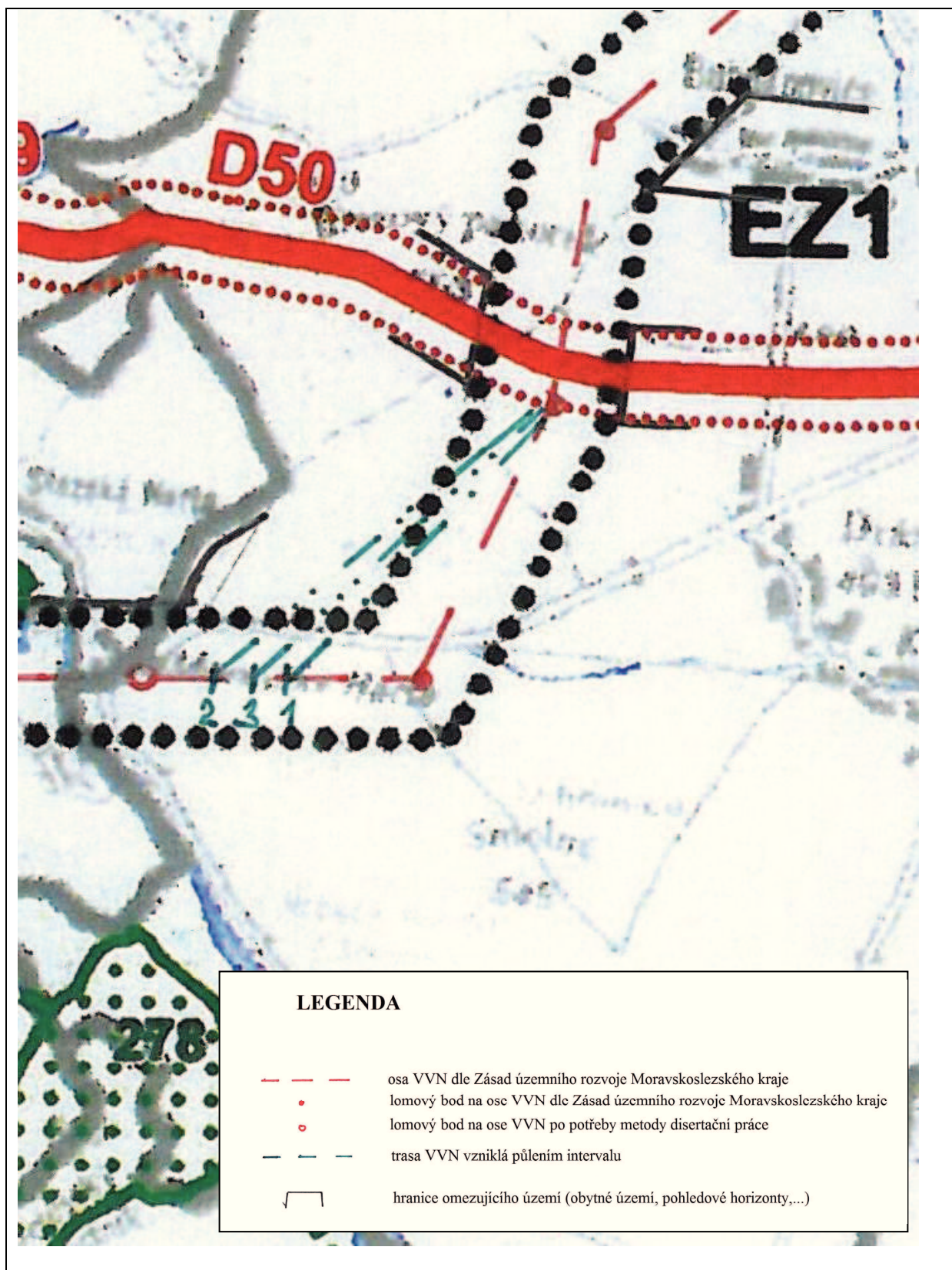
Obrázek 25 - výřez z koordinálního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 1

Zdroj: vlastní



Obrázek 26 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 2

Zdroj: vlastní



Obrázek 27 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 3

Zdroj: vlastní

Pro trasy platí:

y – potřeba

x - náklady na 1 bkm vedení VVN (kč)

l_i – vzdálenost trasy (km)

Úsek půlení intervalu, který byl zahrnut do trasy	Počet půlení intervalu v úseku	Vzdálenost trasy l_i (km)
-	-	24,00
1	1	23,75
1	2	23,75
1	3	23,68
2	1	23,68
2	2	23,75
2	3	23,55
3	1	23,81
3	2	23,72
3	3	23,62
1,2,3	2,3,1	23,29

Tabulka 9 – vzdálenost trasy v závislosti na úsecích

Zdroj: vlastní

Výpočet pomocí indexní metody

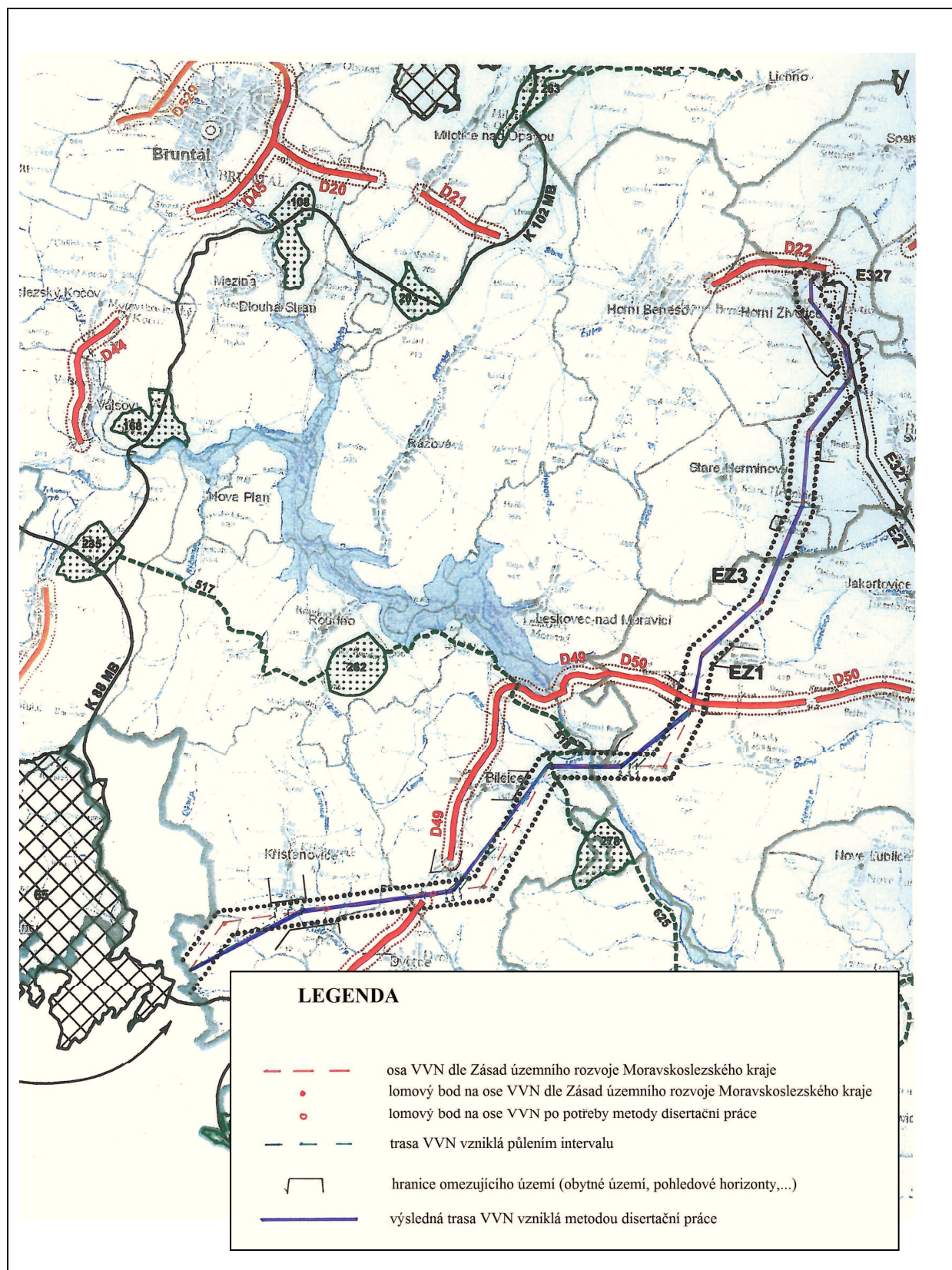
		Odběratel												
Dodavatel		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		a _i
	1	24,00x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	2	0 -	23,75x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	3	0 -	0 -	23,75x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	4	0 -	0 -	0 -	23,68x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	5	0 -	0 -	0 -	0 -	23,68x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	6	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	23,75x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	7	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	23,55x y	0 -	0 -	0 -	0 -	0	y
	8	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	23,81x y	0 -	0 -	0 -	0	y
	9	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -	23,72x y	0 -	0 -	0	y

	Odběratel													
Dodavatel		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		a _i
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,62x	0	0	y
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,29x	0	y
	b _j	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y		11y 11y
	v _j	v ₁ = 24,00x	v ₂ = 23,75x	v ₃ = 23,75x	v ₄ = 23,68x	v ₅ = 23,68x	v ₆ = 23,75x	v ₇ = 23,55x	v ₈ = 23,81x	v ₉ = 23,72x	v ₁₀ = 23,62x	v ₁₁ = 23,29x		

Tabulka 10 - výpočet pomocí indexní metody

Zdroj: vlastní

$$c_{ij} = u_i + v_j$$



Obrázek 28 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – výsledná trasa

Porovnání tras

Celková délka:

- | | |
|---|----------|
| - z řešení ekonomicko-matematické metody | 23,29 km |
| - ze Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje | 24,00 km |

$$23,29 \text{ km} < 24,00 \text{ km}$$

Z porovnání tras vyplývá, že celková délka trasy z řešení, které vzešlo z ekonomicko-matematické metody = 23,29 km a celková délka trasy ze Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje = 24,00 km. Řešení, které vzešlo z ekonomicko-matematické metody je nejvhodnějším řešením pro návrh trasy elektřiny VVN.

6. Využití výsledků v praxi

Disertační práce řeší metodu pro návrh technické infrastruktury, resp. inženýrské sítě, kdy jsou dány stávající inženýrské sítě, na které se lze připojit a místa odběru. Pak výsledkem je stanovená trasa rozvodů inženýrské sítě posouzená dopravním problémem, která může být využita v praxi pro potřeby zpracování politiky územního rozvoje, zásad územního rozvoje, územního plánu, regulačního plánu, územní studie a dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby. V závislosti na měřítku výsledného výkresu lze výsledek zobrazit už v měřítku od 1 : 500, což je měřítko výkresu celková situace stavby dokumentace k žádosti o vydání územního rozhodnutí o umístění stavby.

Pro zpracování regulačního plánu by se jednalo o návrh koridoru nebo konkrétní trasy inženýrské sítě, protože regulační plán vždy umístí inženýrské sítě. Po vydání regulačního plánu, nahradí regulační plán územní rozhodnutí pro vymezení a využití pozemků staveb veřejné infrastruktury, včetně pozemků veřejně prospěšných staveb a veřejně prospěšných opatření. Protože regulační plán řeší umístění technické infrastruktury a pro veřejnou technickou infrastrukturu nahrazuje územní rozhodnutí o umístění stavby, budou výsledky disertační práce velmi důležité při zpracování této územně plánovací dokumentace.

Pro zpracování územního plánu by se mohlo jednat o podklad jak pro vymezení koridorů, tak pro stanovení tras inženýrské sítě. Návrh koridorů a tras inženýrské sítě se dá rozčlenit na dvě části. První částí by byl návrh koridorů a tras od stávajících inženýrských sítí (zdroje) k zastavitelné ploše nebo ploše přestavby, která je vymezena pro určené využití (např. průmyslová zóna, rekreační,...). Druhou částí by byl návrh koridorů a tras v předmětné ploše.

První část by byla v územním plánu obsažena vždy. Druhá část by byla v územním plánu zahrnuta, pokud by využití této plochy nebylo podmíněno zpracováním územní studie nebo regulačního plánu. Totéž by platilo, kdyby využití předmětné plochy bylo podmíněno pořízením územní studie, která má stanoven termín, do kdy má být územní studie pořízena, neboť po uplynutí této doby by pro předmětnou plochu neplatila podmínka zpracování územní studie.

Rozlišení, zda do územního plánu a regulačního plánu zapracovat vymezení koridorů nebo tras inženýrské sítě je individuální a závislé na konkrétním řešení. Pokud inženýrské sítě zahrnují různé druhy vedení a je shodná s návrhem dopravní infrastruktury, jednalo by se zpravidla o vymezení koridoru. Pokud by inženýrská síť obsahovala pouze jeden druh vedení a bez souběhu s dopravní infrastrukturou, jednalo by se zpravidla o vymezení trasy.

Pokud v územním plánu je využití plochy podmíněno zpracováním územní studie nebo se má prověřit využití jakékoliv plochy, zpracovává se územní studie. Využití výsledků disertační práce by sloužilo také při zpracování územní studie, kde by mohlo být jedním z podkladů pro stanovení tras inženýrské sítě, neboť územní studie navrhuje, prověřuje a posuzuje možná řešení vybraných problémů, případně úprav nebo rozvoj některých funkčních systémů v území, například veřejné infrastruktury apod., tedy i technickou infrastrukturu.

Výsledky z případu, který je uveden v kapitole „5.2 Přínos – ověření“ se mohou také použít pro dokumentace menšího měřítka, než je měřítko 1 : 5 000, kdy se v tomto měřítku zpracovávají výkresy územního plánu, mimo výkresu širších vztahů. Jedná se o zásady územního rozvoje nebo o politiku územního rozvoje.

Zásady územního rozvoje jsou nástrojem územně plánovací činnosti kraje. Jedním z úkolů zásad územního rozvoje je vymezit plochy a koridory nadmístního významu a stanovit požadavky na jejich využití, zejména plochy a koridory pro veřejné prospěšné stavby. Protože zásady územního rozvoje řeší území celého kraje, vydávají se jeho výkresy v měřítku 1 : 100 000 nebo v odůvodněných případech v měřítku 1 : 50 000, popřípadě v měřítku 1 : 200 000, mimo výkresu širších vztahů, který se vydává v měřítku 1 : 500 000.

Politika územního rozvoje je nástrojem územního plánování, nezbytným pro koordinaci územně plánovací činnosti krajů a koncepcí celorepublikového významu, vycházejících a podmiňovaných možnostmi území.

Pro zpracování politiky územního rozvoje, zásad územního rozvoje, územního plánu, regulačního plánu, územní studie a dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby by výsledky disertační práce byly jedním z jejích podkladů.

Racionalizací technické infrastruktury se také pozitivně ovlivní následující činnosti investičního procesu a dojde k úspoře finančních prostředků. Posouzení tras rozvodů technické infrastruktury pomocí dopravního problému se projeví hlavně ve snížení nákladů na inženýrské sítě.

7. Závěr

7.1. Výstupy a rekapitulace

Cílem disertační práce je racionalizace technické infrastruktury v územním plánování, resp. racionalizace inženýrské sítě pomocí návrhu tras inženýrské sítě. Racionalizací se rozumí návrh metody, která vede ke zvýšení hospodárnosti.

Disertační práce řeší současné nedostatky, kterým je získání podkladu k návrhu tras inženýrské sítě pro zapracování do územně plánovacích dokumentací. Disertační práce navrhuje metodu, aby zapracovávané plochy a koridory technické infrastruktury do územně plánovacích dokumentací byly optimálním řešením. Tudiž při navrhování tras technické infrastruktury v podrobnějších dokumentacích se předejde k zásadním odlišnostem oproti zapracovaným plochám a koridorům technické infrastruktury v územně plánovacích dokumentacích.

Disertační práce vychází z ekonomicko-matematických metod, především z dopravního problému. Dopravní problém řeší přesun zboží (materiálu) od dodavatelů k odběratelům, přičemž navrhuje takové řešení, které je nejméně nákladné. Výsledkem řešení je pak funkce $z_{\text{ext.}}$, která je minimalistická (z_{min}). Protože při navrhování inženýrské sítě se hledá podobné řešení, tedy, aby řešení vyplývající z dopravního problému, z principu metody nejlevnější kostry a metody půlení intervalu přepravilo požadované množství za nejnižší náklady. Z tohoto řešení vznikla metoda, která vede ke zvýšení hospodárnosti návrhu inženýrské sítě. Metodu pro návrh inženýrské sítě lze zejména použít v územním plánování. Tato metoda byla ověřena na příkladu uvedeném v podkapitole „5.2. Přínos - ověření“. Příklad byl posouzen dopravním problémem. Z posouzení se potvrdilo, že řešení z disertační práce je vhodnější, než je uvedeno v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezského kraje. Vhodnější je zejména ve zvýšení hospodárnosti při návrhu a realizaci inženýrské sítě. Náklady na realizaci inženýrské sítě byly oproti návrhu v Zásadách územního rozvoje Moravskoslezského kraje nižší. Racionalizací inženýrské sítě došlo v úspoře návrhu trasy.

Z disertační práce a z uvedeného příkladu řešení bylo prokázáno, že předmět disertační práce a cíle stanovené v disertační práci byly splněny. Metoda pro návrh technické infrastruktury, která se uvádí nejen v územním plánování, vede k racionalizaci technické infrastruktury v územním plánování.

7.2. Použití výsledků disertační práce

Disertační práce potvrdila, že návrh technické infrastruktury lze racionalizovat. Racionalizace je vhodná zejména pro určité druhy technické infrastruktury. Typově shodné a pro přepravu vhodné je médium jako například voda, plyn, apod. Oproti tomu jsou méně vhodné sítě elektronických komunikací, kde se nejedná o přepravu suroviny, ale dat. Metoda je rovněž méně vhodná pro návrh odkanalizování, neboť při návrhu kanalizačních stok se musí brát v úvahu tvar terénu v území, pokud se neuvažuje s podtlakovou nebo přetlakovou kanalizací. Toto neplatí, pokud se jedná o rovinný terén, kde při návrhu stok kanalizace lze její spád zajistit hloubkou uložení kanalizačního potrubí.

Výsledky disertační práce lze použít jako podklad pro samosprávu na úrovni kraje a obce. Na úrovni kraje se jedná o vydávání zásad územního rozvoje, jejich aktualizace a změn. Na úrovni obce se jedná o vydávání územního plánu, regulačního plánu, jejich aktualizace a změn. V případě, že investorem technické infrastruktury bude obec, může obec využít výsledky disertační práce jako podkladu pro zvážení vhodnosti návrhu tras inženýrské sítě a koordinace inženýrských sítí v území. Protože je metoda vhodná také pro sdružené trasy v kolektorech, je podkladem pro zvážení, zda uložení inženýrské sítě bude prosté pod terén nebo vedeno v kolektoru, neboť navržené trasy inženýrské sítě budou hospodárnějším řešením, než doposud navrhované trasy. Zásadní výhodou kolektoru je, že do území se zasahuje pouze při jeho budování. V případě, že dojde k poruše na inženýrské síti, lze tuto opravu provést, aniž by byl proveden výkop a například narušení dopravy v území. Havárii na potrubí lze snáze předejít, neboť inženýrské sítě lze průběžně a kdykoliv fyzicky zkontrolovat. Vzhledem k pořizovací ceně kolektoru, budou kolektory budovány tam, kde výhody plynoucí ze sdružené trasy inženýrských sítí v kolektoru převýší náklady výstavby.

Výsledky disertační práce mají přínos i pro vědu neboť aplikuje řešení z ekonomicko-matematickým metod na nový teoretický postup návrhu inženýrské sítě. Disertační práce také přináší možnost dalšího vědeckého zkoumání na řešeném tématu, kdy vědecká činnost může stanovením např. určitého koeficientu, převést požadované potřeby jednoho druhu technické infrastruktury (např. elektřiny), na jiný druh technické infrastruktury (např. plynu) obdobného měřítka (m^3, \dots). Stanovení tohoto koeficientu dává vědě možnost činnosti na řešeném úseku.

7.3. Závěrečné konstatování

Technická infrastruktura je nepostradatelnou složkou územního plánování a optimálním návrhem technické infrastruktury již při tvorbě územně plánovací dokumentace se zajistí základní předpoklady pro účelné využívání dané plochy. Pro výstavbu technické infrastruktury je nutno vyřešit mnoho problémů již v prvních fázích přípravy záměru a je třeba stanovit taková řešení, která zaručí dlouhodobost technické infrastruktury, a tedy zabezpečí požadavky záměrů.

Disertační práce racionalizuje technickou infrastrukturu. Racionalizací se zdůrazní důležitost inženýrské sítě nejen při zpracování územně plánovací dokumentace, kterým jsou zejména zásady územního rozvoje, územní plán a regulační plán, ale i při zpracování územní studie a dokumentace k žádosti o vydání rozhodnutí o umístění stavby.

Pro optimální návrh inženýrské sítě bude vyžadován předstih stanovení rozmístění míst odběru a jejich potřeb. Potřeby se musí odhadnout nejen pro stávající stav v území, který již známe, ale je nutné i předvídat potřeby, které se vyskytnou v budoucnu.

Závěrem lze konstatovat, že při vyváženém rozmístění inženýrské sítě již při počátku návrhu, nebude v budoucnu docházet k problémovým střetům mezi vlastníkem inženýrské sítě, jejím provozovatelem a uživatelem. Proto je nutné vzít v potaz veškeré dostupné informace o možných budoucích aktivitách a záměrech.

7.3. Final statement

Technical infrastructure is an essential component of landscape planning and its optimal proposal during processing landscape planning documentation ensures basic conditions for effective usability of the area. From the earliest stages of a project preparation a lot of problems are necessary to solve to construct technical infrastructure. And the solutions that guarantee the longstanding technical infrastructure and thus ensure the project requirements have to be provided.

The thesis streamlines the proposal of distribution system of technical infrastructure. The rationalization emphasizes the importance of technical infrastructure not only in the processing landscape planning documentation, mainly the territorial and regulatory plan, but also in the processing territorial study and documentation of the application file for a decision on the location of buildings or facilities.

Predetermination of distribution of each zone and their needs is required for an optimal proposal of technical infrastructure. The needs have to be assessed not only for the current situation in the known area, but also for the needs arising in the future.

In conclusion, the balanced distribution of technical infrastructure from the early proposal brings no conflicts between the owner of technical infrastructure, its operator and user. Therefore it is necessary to take into account all available pieces of information about possible future activities and plans.

Použité podklady

Odborná literatura, právní předpisy a metodiky

- [1] autorský kolektiv Ústavu územního rozvoje v Brně a odboru územního plánování Ministerstva pro místní rozvoj *výkres limitů využití území*, GRAFEX, spol. s r.o., Brno 2002
- [2] BOHÁČ, Z., ČASTOVÁ, N.: *Základní numerické metody*, VŠB – Technická univerzita Ostrava, katedra matematiky a deskriptivní geometrie, 2004
- [3] DOBROVSKÁ, V. A KOL.: *Cvičení z matematiky II.*, VŠB –Technická univerzita Ostrava, 1999
- [4] HOLOUBEK, J.: *Ekonomicko-matematické metody*, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ústav statistiky a operačního výzkumu, 2007
- [5] HASÍK, O.: *Milníky vývoje územního plánování měst ve světě a technické infrastruktury*, VŠB-Technická univerzita Ostrava, katedra městského inženýrství, 2008
- [6] HASÍK, O.: *Územní plánování*, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 2003
- [7] KLABAN, L.: *Diplomová práce - Stanovení společného těžiště dvou ložisek chebské hnědouhelné pánve metodou geometrizace*, ČVUT Praha, fakulta stavební, katedra geodezie a kartografie, 1973
- [8] KOLEKTIV AUTORŮ: *Venkovské sídlo a krajina v územním plánování*, díl druhý, Společnost pro územní plánování, urbanismus a životní prostředí, Praha 2000
- [9] KOLČAVOVÁ, A.: *Kvantitativní metody v rozhodování*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky, 2001
- [10] KRIER L.: *Architektura – volba nebo osud*, Academia, Praha, 2001
- [11] KUTA, V.: *Investiční proces a jeho technologicko organizační aspekty*, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 1998
- [12] MAIER, K., ČTYROKÝ, J.: *Ekonomika územního rozvoje*, Grada Publishing, spol. s r.o., Praha, 2000
- [13] *Politika územního rozvoje* schválena usnesením vlády č. 561 ze dne 17.5.2006
- [14] RYCHETNÍK, L., ZLINKA, J., PELZBAUEROVÁ, V.: *Sbírka příkladů z lineárního programování*, Nakladatelstvo ALFA, n.p., Bratislava, Praha 1968

- [15] SYNÁČKOVÁ, M., ŠRYTR, P.: *Inženýrské sítě – doplňkové skriptum*, ČVUT, Praha, 1999
- [16] ŠMARDA, B.: *Lineární programování*, Univerzita J. E. Purkyně v Brně, Fakulta přírodovědecká, 1983
- [17] ŠRYTR, P. Aj.: *Městské inženýrství I*, Academia, Praha, 1999
- [18] Urbanismus a územní rozvoj, ústav územního rozvoje, Brno
- [19] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- [20] www.pef.czu.cz/~houska/EMM_KS/Materialy/Prednasky
- [21] ČSN 73 7505 Sdružené trasy městských vedení technického vybavení.
- [22] ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- [23] Zásady územního rozvoje Moravskoslezského kraje
- [24] Územní plán Velkého územního celku Jeseníky po 1. změně

Vlastní publikace

- KOLEKTIV PRACOVNÍKŮ ODBORU VÝSTAVBY A ÚZEMNÍHO PLÁNOVÁNÍ,
SKÁCELOVÁ, A.: *Územní plánování: První zkušenosti z Bruntálu*, Moderní Obec, 2008, říjen 2008, s. 42-43
- HORÁK, R.: *Řešení technické infrastruktury pomocí dopravního problému*, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 2008, č. 1, ročník VIII, řada stavební, čl. 25
- HORÁK, R.: *Řešení technické infrastruktury a ekonomicko-matematické metody*, Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 2010, č. 1, ročník X, řada stavební, čl. 7
- HORÁK, R.: *Solution to the technical infrastructure and economic-mathematical methods*, VERSITA, 2010, DOI 10.2478/v10160-010-0004-5 (www.versita.com)

Seznam zkratek

a, b	krajní body intervalu $\langle a, b \rangle$, v němž leží kořen a všech intervalů $\langle a_k, b_k \rangle$, které byly získány během výpočtu
a_{ij}	strukturní koeficient vyjadřující vztah mezi i -tou omezující podmínkou a j -tou proměnnou
apod.	a podobně
b_i	pravá strana i -té vlastní omezující podmínky
bm	běžný metr
c_j	koeficient účelové funkce vztahující se k j -té proměnné
ČSN	česká technická norma
$D_i O_j$	pole i -tého dodavatele a j -tého odběratele
Kč	korun českých
k_d	koeficient denní potřeby vody
k_h	koeficient hodinové nerovnoměrnosti
k_h	koeficient hodinové potřeby vody
l	vzdálenost uzlů
l_i	vzdálenost trasy (km)
m	hmotnost
m	metr
m_i	hmotnost jednotlivých ploch
M_x	statický moment k ose x
M_y	statický moment k ose y
m^2	metry čtvereční
Např.	například
P	plocha
resp.	respektive
T	těžiště
T_v	těžiště výsledné
T_{v1a}	těžiště vzniklé metodou půlení intervalu
tzv.	tak zvaný
u_i	duální proměnná
v	vzdálenost
v_i	vzdálenost jednotlivých těžišť

v_j	duální proměnná
x	náklady na 1 bkm vedení VVN
x	střed intervalu $\langle a_k, b_k \rangle$
x_j	strukturní proměnná
$x_{m,n}$	množství přepravovaného média
x_{n+1}	vzdálenost x_{n+1} uzlu ve směru x
x_n	vzdálenost x_n uzlu ve směru x
y	potřeba
y_{n+1}	vzdálenost y_{n+1} uzlu ve směru y
y_n	vzdálenost y_n uzlu ve směru y
x_T	vzdálenost těžiště ve směru x
y_T	vzdálenost těžiště ve směru y
Z_{miextr}	úcelová funkce s extrémními hodnotami
Z_{min}	úcelová funkce s minimální hodnotou
$Z1$	zóna
ε	přesnost aproximace kořene
$\Delta_{i,j}$	indexní hodnoty (indexní čísla)

Seznam obrázků

str.

Obrázek 1 - příklad jednoduchého uzavřeného obvodu	19
Obrázek 2 - statický moment, těžiště	29
Obrázek 3 - postup řešení metody půlení intervalu	32
Obrázek 4 - znázornění plochy pro rozvod technické infrastruktury	35
Obrázek 5 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny	35
Obrázek 6 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny a stávající technické infrastruktury	36
Obrázek 7 - znázornění plochy rozčleněné na jednotlivé zóny, stávající technické infrastruktury a těžišť v jednotlivých zónách	37
Obrázek 8 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z aplikace dopravního problému	38
Obrázek 9 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům	40
Obrázek 10 – vzdálenost tras mezi uzly	41
Obrázek 11 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům	42
Obrázek 12 - znázornění půlení tras od dodavatele k prvnímu odběrateli	45
Obrázek 13 - znázornění půlení tras mezi odběrateli	46
Obrázek 14 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům včetně množství přepravovaného média v intervalu mezi místem napojení na technickou infrastrukturu a odběrateli	48
Obrázek 15 - postup řešení metody půlení intervalu	50
Obrázek 16 - postup řešení metody půlení intervalu	52
Obrázek 17 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům při půlení intervalu mezi dodavateli a prvním odběratelem	533
Obrázek 18 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z návrhu metody nejlevnější kostry, metody půlení intervalu a posouzení dopravním problémem	55
Obrázek 19 - postup řešení metody půlení intervalu	59
Obrázek 20 - znázornění tras od dodavatelů k odběratelům z návrhu metody nejlevnější kostry, metody půlení intervalu a posouzení dopravním problémem	61
Obrázek 21 - výřez z hlavního výkresu Velkého územního celku Jeseníky po 1. změně ...	65

Obrázek 22 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje	66
Obrázek 23 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem osy VVN	68
Obrázek 24 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu	69
Obrázek 25 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 1	70
Obrázek 26 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 2	71
Obrázek 27 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – úsek 3	72
Obrázek 28 - výřez z koordinačního výkresu Zásad územního rozvoje Moravskoslezského kraje se zákresem půlení intervalu – výsledná trasa	76

Seznam tabulek

	str.
Tabulka 1 - zápis proměnných do tabulky	17
Tabulka 2 - zápis proměnných do tabulky k nalezení základního řešení	20
Tabulka 3 - zápis proměnných do tabulky k nalezení základního řešení	39
Tabulka 4 - zápis proměnných do tabulky k výpočtu množství přepravovaného média	43
Tabulka 5 - zápis proměnných do tabulky k nalezení základního řešení	54
Tabulka 6 - množství přepravovaného média bez půlení intervalu při začátku řešení pomocí dopravního problému	60
Tabulka 7 - množství přepravovaného média s půlením intervalu	61
Tabulka 8 - výsledné množství přepravovaného média	63
Tabulka 9 - vzdálenost trasy v závislosti na úsecích	73
Tabulka 10 - výpočet pomocí indexní metody	74

Seznam příloh

příloha 1 - ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení - nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při souběhu podzemních sítí v m

příloha 2 - ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení podzemních sítí v m